U. D. C. 55(05)

地質調査所月報

第 10 巻　　第 10 號

35. 3. 3

目　　次

報　文

片田正人，村山正郎：中央アルプスの領家帯にみられる変輝緑岩…… 1(839)

蔵田延男，小西泰次郎，木野義人，高橋　稠，池田喜代治：栃木県鬼怒川右岸工業用水源地域調査報告　—関東東部地域調査　第1報— ……15(853)

蔵田延男，村下敏夫，森　和雄，武居由之，岸　和男：滋賀県湖東および湖南地域工業用水源調査報告　—淀川水系地域調査　第5報— ……33(871)

宮本弘道，丸山修司：岩手県雲上地区含チタン鉄鉱鉱床調査報告……47(885)

五十嵐俊雄：岐阜県平岩地区ほたる石鉱床調査報告……55(893)

古川俊太郎：佐世保炭田松浦地区日宇北方地域調査報告……61(899)

佐藤良昭：北海道奈井江試錐コーアの重鉱物組成……73(911)

概　報

佐賀県玉島川水系松坂ダム調査報告

千葉県野田市瀬戸における坑井内速度測定調査報告

京都府船井郡殿田付近の赤白珪石鉱床調査報告

千葉県銚子および飯岡海域海底砂鉄調査

資　料

褶曲期と地殻——モハロビイツチ層以上の地殻の外帯——の厚さとの相関関係について

35. 3. 2

台帳記入済

カード記入済

工業技術院地質調査所

昭和34年10月

報　文

552.4.051 (521.52)

35.3.3

中央アルプスの領家帯にみられる変輝緑岩

片田　正人*　村山　正郎*

Meta-diabase of the Ryōke Zone in the Japanese Central Alps

by
Masato Katada & Masarō Murayama

Abstract

Numerous dyke-like bodies of meta-diabase are exposed in banded gneiss and in Inagawa Granite of the Ryōke Metamorphic Zone in the Japanese Central Alps (Kiso mountain range).

The original diabase which intruded in the later stage of metamorphism is finally transformed by the metasomatic process into trondhjemite.

Several data are described concerning the modes of occurrence, the optical properties of minerals, mineral assemblages and chemical components.

要　旨

こゝで問題にする変輝緑岩とは，長野県南部を南北に走る中央アルプス（木曽山脈）の，領家変成帯に分布する変成岩である。このなかには，原岩に近い輝緑岩質岩石から，最も強く変成作用をうけた花崗岩質岩石（トロニエム岩）までみられ，その間の変成作用の過程を，かなり詳しく追跡することができる。この過程は多くの物質の移動を伴なつており，花崗岩化作用および交代作用の1つの典型である。

1. 緒　言

この報文は，赤穂地質図幅調査のさい得られたデータを主とし，隣接する飯田・上松・妻籠の各地質図幅地内のデータを参考にしてまとめたものである。赤穂地質図幅では，変成岩中にあるものを変輝緑岩Ⅰ，花崗岩中にあるものを変輝緑岩Ⅱとしてあり，飯田地質図幅では，変成の進まないものを変輝緑岩，変成の進んだものを細粒黒雲母花崗岩として記載してある。しかし，本文では，便宜上，すべてを変輝緑岩と総称し，その変成作用を，すべて花崗岩化作用という言葉を用いることにする。

この種の塩基性の変成岩に関しては，内外に多くの論文がみられるが，領家帯で岩生周一（柳井地方）[7][8]，小出博（段戸地方）[13]，平山健（香川県）[6]が研究したものや，阿武隈変成帯で牛来正夫[2][3]・渡辺岩井[12][22]および小倉義雄[14][15]などが研究したものが，これから述べる変輝緑岩に類似している。とくに小出博が詳細に記載したものは，当地域のものとほとんど同様なものといつてさしつかえなく，多くの点で教えられる点が多かつた。

本報文をまとめるにあたり，都城秋穂助教授からはgarnetに関して，牛来正夫教授からは鏡下の諸事実に関して，それぞれ御教示をいただいた。こゝに深甚の感謝の意を表する。

また，河田清雄・山田直利両技官とは，野外および室内作業で多くの時間をともにし，資料の交換および討論を繰り返した。斉藤正次地質部長を始め，地質調査所図幅課の方々からは，種々批判と助言を得ることができた。

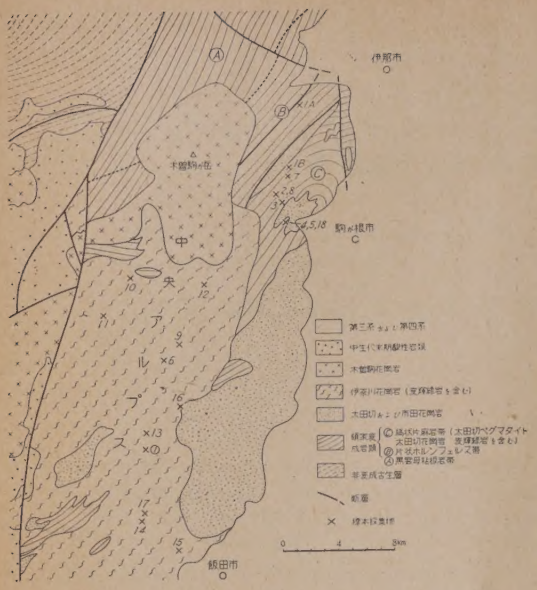
2. 地質概要

木曽駒ケ岳周辺の領家帯に関しては，柴田秀賢を始めとする教育大学関係者[18]や筆者ら[9][10][11][17][20]によつて，いくつかの報文が発表されている。いま，この報文に関連する事項を簡単に繰り返すことにする。

この付近の地質は，領家変成岩類と，変成作用の末期または終了後に貫入した花崗岩類とで構成される。

変成岩類は，黒雲母粘板岩帯⟶片状ホルンフエルス帯⟶縞状片麻岩帯と，増進的に分帯される。変輝緑岩は片状ホルンフエルス帯中の1岩体以外は，全部縞状片

* 地質部



第1図 中央アルプス地域の地質図
(赤穂・飯田・上松および妻籠地質図幅より)

麻岩帯内でみいだされた。片状ホルンフエルス帯に特徴的な変成岩は，cordierite または andalusite を含む片状雲母ホルンフエルス（雲母片岩）である。縞状片麻岩帯に特徴的なものは，cordierite および（または）sillimanite を含む雲母片麻岩であつて，おびたゞしいペグマタイト～アプライト註1) や，細粒の太田切花崗岩の岩脈を伴なつている。

片状ホルンフエルス帯中の1岩体というのは，伊那市西方山中を通る幅の広い破砕帯（断層）内に現われている (No. 1A)註2)。そして，この断層は，変輝緑岩の原岩の貫入以前にすでに生じていた可能性がある[10]。したがつて，この変輝緑岩は，この断層に沿つて貫入したもので，他の岩体に比較してとくに上部まで達しているのではなかろうか。このように考えると，片状ホルンフエルス帯に存在するということは，むしろ例外的な現象で，この地方での分布は，変成岩地域では縞状片麻岩帯のみに限られるとみなしてさしつかえない。

註 1) 便宜上本文では太田切ペグマタイトと仮称する。これは，片麻岩中で ptygmatic folding や，lit-par-lit injection をしている。

註 2) 本文での標本番号。採集地点は地質図に示す。なお，同一岩体からの標本は同一数字で示し，小文字の a→b (→c) の順序で花崗岩化作用が進んだ標本であることを示す。たゞし，No. 1A と No. 1B は異なつた岩体。

花崗岩類は，太田切花崗岩・市田花崗岩・伊奈川花崗岩および木曽駒花崗岩であり，変輝緑岩が存在するのは，伊奈川花崗岩のなかである。

太田切・市田両花崗岩（細粒の，黒雲母または白雲母黒雲母花崗岩）は，変輝緑岩の最も酸性の岩相ときわめて類似しているから，3者は成因的につながりをもつものかも知れない。また，木曽駒花崗岩（中粒の角閃石黒雲母花崗閃緑岩）のなかには，伊奈川花崗岩と接する付近で2，3の，こゝでいう変輝緑岩と同様なものがみられるし，全般的に，似たような岩石を原岩とする小型の塩基性包有物 (ovoids) が多い。しかしこゝでは太田切花崗岩や木曽駒花崗岩に関してはふれないことにする。

伊奈川花崗岩は，小出博が研究した天竜峡花崗岩に連続しており，類似の花崗岩は，領家帯の他の場所にも広く分布するらしい[10]。岩相は，片状ないし塊状，粗粒の角閃石黒雲母花崗岩であり，斑状の microcline が目立つことがある。

以下に，主として縞状片麻岩帯中の変輝緑岩について述べ，同時に伊奈川花崗岩中のものの一部に関してもふれる。たゞし，同様の変成岩について小出博がすでに詳細に論じているので，なるべく重複をさけ，とくに記述を簡略化した部分が少なくない。

3. 変輝緑岩の産状

3.1 縞状片麻岩帯中の変輝緑岩

変輝緑岩の原岩と考えられるような輝緑岩は，このあたりの古生層または領家帯の低変成度の変成岩中にはみいだされない。古生層中の塩基性火山岩（いわゆる輝緑凝灰岩）の変成されたものは，こゝでいう変輝緑岩（いわゆる ortho-amphibolite）とは異なる角閃岩 (para-amphibolite) である。それゆえ，変輝緑岩の存在は，少なくとも変成岩中のものに関するかぎり，この付近では領家帯の中心部に限られており，その意味で，領家変成・深成作用に密接に関係するものであろう。

この模式的な露頭は，太田切川河床およびその支流の黒川沿いの道路傍で無数にみられる。

1) 変輝緑岩の多くは，幅数 cm～数 m の，岩脈状岩体で，片麻岩の片理を切つている場合 (clean cut) も少なくない(第2図)。しかも変成作用（花崗岩化作用）をうけている。これらの事実は，すでに報じたように[10]「領家変成作用の終了する以前に，原岩の輝緑岩が岩脈として貫入し，引き続いて作用した花崗岩化作用によつて，変輝緑岩と一括した変成岩類を生じた」ということを示すものである。なお，太田切ペグマタイトの出現は

第2図　縞状片麻岩の片理を切る（clean cut する）変輝緑岩の1例。garnet-biotite facies (No.18)

輝緑岩貫入より後期であり，太田切花崗岩の貫入はさらにそれより後期である。

2) 大きくみて，片麻岩の片理を切っている場合でも，変輝緑岩に近接した部分の片麻岩の片理は，局部的に両者の境界に平行に近づくことがある。これは，変輝緑岩に比較して，片麻岩の方がより plastic であつたことを示すものであろう。また，変輝緑岩内部に，壁にほぼ直交し，現在はペグマタイトで満たされた割れ目が生じていることがあるが，この割れ目の存在も，変輝緑岩があまり plastic でなかつたことを示す1つの証拠と解される。

しかしまれに，変輝緑岩が縞状片麻岩に接した部分には，片麻岩と同一方向の弱い片理をもつこともある。

3) 変輝緑岩が太田切ペグマタイトに接する部分，あるいはペグマタイト中の小規模の捕獲岩などには，一般の部分より暗色で，biotite や hornblende が濃集し，quartz の少ない岩相が発達することがしばしばある。あまり強く花崗岩化されていない岩体は，均質な岩相を示す点から考えて，この暗色部は明らかに花崗岩化作用に伴なつて形成されたものであつて，いわゆる塩基性化された岩相，見方を変えれば，脱珪酸化された岩相といいうるであろう。

4) 花崗岩化作用の最も顕著な特徴は，岩体の内部に，あまり花崗岩化作用をうけていない暗色の部分と，より強く花崗岩化作用をうけた優白色の部分とが共存し，両者の境界がきわめて明瞭なことである。全体の花崗岩化作用の弱い場合には，優白色部は脈状であるが，花崗岩化作用が進むにつれてその脈状部は広くなり，やがて暗色の部分が優白色のなかに島状に取り残され，ついには消失する（図版1）。

3.2 伊奈川花崗岩中の変輝緑岩

これは伊奈川本流地域の一部などをのぞき，飯田西方山地付近まで全般的に分布し，ときに密集している。

1) 片麻岩中のものと似たような規模の岩脈状の捕獲岩である。もちろん花崗岩化作用をうけており，脈状または網状の花崗岩化作用の進んだ部分と，進まない部分が，明瞭な境で接する。

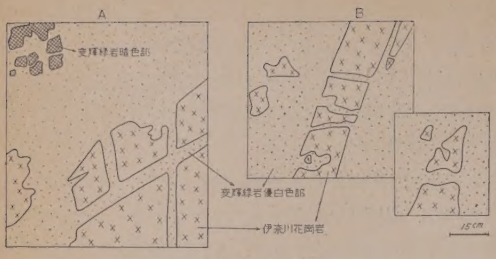
2) この岩脈状捕獲岩の延びた方向と，測定しうるかぎりの伊奈川花崗岩の片理とは，多くの場合一致し，大きくみると斜交するようでも，境界に近づくと片理は方向を変えて平行に近づく[註3)]。しかしまれに明瞭に斜交することもある。

3) 花崗岩化作用の進んだ優白色の部分が，第3図に示したようにふたゝび流動性を帯びて（rheomorphism），周囲の花崗岩中に突出していることがある。

ところで伊奈川花崗岩中の変輝緑岩の由来についてであるが，縞状片麻岩中の変輝緑岩の場合は違つて，花崗岩中の場合には，いまのところ，岩脈状捕獲岩であるということ以外に原岩貫入の時期を決定するデータを得ていない。

しかし大きくみると次の2つの可能性が考えられる。すなわち，第1は，変輝緑岩の原岩が領家変成作用以前に，基盤岩中に岩脈としてすでに存在していた場合である。第2は，領家変成・深成作用に関連して，その期間中のある時期に変成岩中もしくは固結状態の深成岩中に貫入した場合である。このうち，既存の基盤岩および変成岩中に貫入した場合は，輝緑岩は，母岩と同時に花崗岩化され，母岩だけが流動性を帯びたことを示してお

註3)　伊奈川花崗岩の片理は，弱いためしばしば測定困難になるが，ほとんどの変輝緑岩の延びは花崗岩の片理に一致するから，風化した露頭などでは，逆に変輝緑岩の産状から，花崗岩の片理を知ることもできる。ちなみに，この花崗岩の片理の方向，とくにその傾斜に注意してみると，多くの場所で比較的緩傾斜である。例えば，伊奈川支流余川流域では20～30°の値を示し，これ以外の所でも，一般に50°以内の例が多い。ところが，外側の古生層や，少なくとも黒雲母粘板岩帯・片状ホルンフェルス帯の変成岩類の傾斜は，50°以上が普通である。この対称的な事実は興味深い。



第3図 伊奈川花崗岩を貫き，寸断している変輝緑岩の優白色部 (No. 12b)。B図は一度変輝緑岩中に貫入した花崗岩が，次の段階で逆に変輝緑岩に貫かれていることを示す。

り，深成岩中に貫入した場合は，その深成岩体がふたゝび流動性を帯びたことを示している。いずれにしても，Goodspeed のいう relict dyke に近いものである[1]。それでは，これらのうちではどの場合の可能性が一番多いかというと，おそらく変成岩中に貫入した場合ではなかろうか。そして，先に述べた変成岩中の変輝緑岩と比較すると，両者は産状・岩質がきわめて類似するから，時期的にもほゞ同時期のものと考えるのが自然であろう。しかしこの問題をさらに明確にするためには，伊奈川花崗岩およびその類似岩を多くの面から追及すべきである。

4. 岩相の種類

変輝緑岩の原岩はいろいろな点から推して，1岩体の内部でも，各岩体相互の間でも岩質の差は少なく，せいぜい結晶粒の大きさに多少の差があつた程度であろう[註4)]。これが花崗岩化作用をこうむると，その過程の差によつて，いくつかの岩種が生じた。小出博は段戸地方において，これを hornblende, biotite, garnet および porphyritic plagioclase によつてそれぞれ特徴づけられる4つの岩種 (granitization series) にわけた。こゝでも，似たような標準によつて，以下の5種の型 (岩相=facies) に分ける。

(1) hornblende と biotite を含み，原岩に近いもの (hornblende-biotite facies と呼ぶことにする)。

(2) 有色鉱物として biotite 以外にみられないもの (biotite facies)

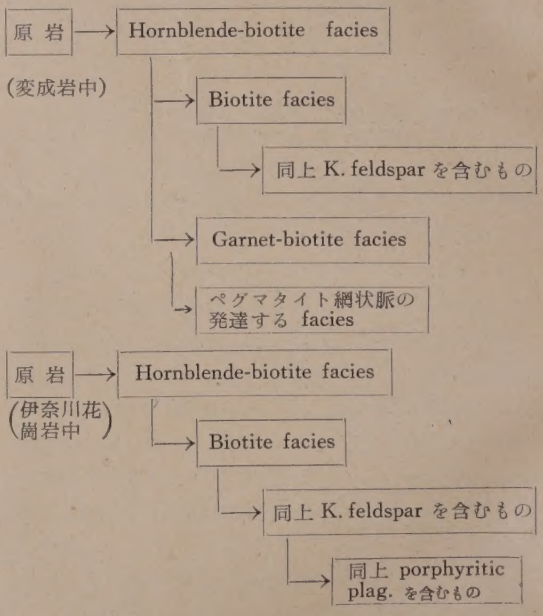
(3) garnet と biotite を含むもの (garnet-biotite facies)

(4) hornblende と biotite とを含み，ペグマタイト質の網状脈が発達する岩相

以上は変成岩地域にみられるものである。

(5) 伊奈川花崗岩中にみられるもの。伊奈川花崗岩中のものには上記の hornblende-biotite facies, biotite facies などの岩相がみられるが，こゝでは，単なる説明の都合上，変成岩地域のものと別にして一括した。

以上の (1)～(4) の岩相は，個々独立の岩体を作ることもあるが，しばしば2つまたは3つの岩相が1岩体内に一緒にみられることがある。このような場合を観察し，各岩相間の関係を求めて総括すると，第4図に示すような大まかな花崗岩化の経路が推定される。



第4図 変輝緑岩の岩相 (facies) の種類とその花崗岩化の径路 (概念図)

4.1 Hornblende-biotite facies

この岩相は，比較的原岩に近いものであつて，縞状片麻岩帯でも片状ホルンフエルス帯に近い所に発達する (No. 1B, 7 など)。片状ホルンフエルス帯の唯一つの岩体は，最も原岩に近い岩相を示している (No. 1A)。この原岩に近いものは，plagioclase, hornblende と微量の2次的な biotite, quartz からなり，組織は細粒状の quartz と，hornblende に伴なう biotite とをのぞけば，原岩のオフィティック様の組織を明らかに残してお

註 4) この附近の領家帯には所々に変輝緑岩より粗粒の斑糲岩～閃緑岩が存在する。少なくともこれらの岩体の一部は変輝緑岩と近縁関係をもつと考えられる。しかしこの種の岩石については考えないこととする。したがつてこゝでいう変輝緑岩は plagioclase の大きさでいえば，1 mm 前後のものがほとんどである。

り，まれに plagioclase または hornblende 斑晶の名残も存在する。また hornblende は中心部に原岩のものと思われる brown hornblende を残している。pyroxene の残晶または，それを交代したと考えられる鉱物はみあたらない。したがつてこの岩石の原岩は hornblende-plagioclase rock ではないかと考えられる。

花崗岩化作用のやゝ進んだものでは，plagioclase の自形性は漸次失なわれ，quartz の量を増し，原岩の組織は次第にぼやけていく。そして，ときに，より花崗岩化の進んだ優白色部（多くは biotite facies）を伴なつてくる。hornblende の存在するものには，K. feldspar はまれにしか存在しない。

4.2 Biotite facies

この岩相のなかには，比較的暗色のものから，最も花崗岩化の進んだ白色の花崗岩質岩石までみられる。暗色のものは，plagioclase, biotite および quartz を主とし，原岩の組織は相当不明瞭であるが，plagioclase が比較的自形性を保つている。白色のものは，粒度の点では，原岩と大差ないが，組織はもはや granitic な組織を示し，K. feldspar が加わる。

4.3 Garnet facies

この岩相は比較的特異なものであつて，わが国では，段戸地方の記載以外にあまりその例をきかない。

これは，伊奈川花崗岩中でみいだせず，縞状片麻岩帯でも比較的中心部の太田切ペグマタイトの卓越した部分に多い。また，ほとんどの場合，暗黒色部も，優白色部もともに garnet facies であつて，他の岩相に移化する例は少なく，多くの場合 hornblende，および K. feldspar を含有していない。その他の外観・組織などの点では biotite facies によく似ている。

この garnet-biotite facies が他の岩相と同様に hornblende-biotite facies の原岩に近いものから派生していることは，段戸地方の例からみても明らかであり，この地方にも，その事実を裏づける露頭がまれにみいだされる（No. 2 など）。

この岩石の生成條件については後述する。

4.4 ペグマタイト網状脈の発達する岩相

この岩相の例は比較的少ないが，太田切河床に 2，3 の模式的な岩体が太田切ペグマタイトとともに露出する（No. 5）。特徴は図版 3 に示されるように，白色の網状脈の発達することである。

網状部は，所々に塊状の部分が発達し，その岩質は周囲の太田切ペグマタイトと同質であつて，それと境界なしに連絡している。したがつて，この網状部は，あたかも，変輝緑岩中に太田切ペグマタイトが貫入したものであるかのような外観を与える。

しかし興味ある事実としてアプライト質の太田切花崗岩がこの岩体を切る所では，それに接する付近の網状部もアプライト質花崗岩と同質の岩相を示し，それが外側では同花崗岩に，内側では上記のペグマタイト質の部分に連続的に連絡している。また，この網状部の全体の形状は直線状ではなく，伊奈川花崗岩中の変輝緑岩などにみられる優白色部に似ているし，この網状部の内に，変輝緑岩の biotite facies と思われる所が relic 状に残つている。このような諸事実は，網状部が交代的に生じたことを暗示しており，幅数mm程度の網状部を検鏡しても，ある程度このことが肯定される。

おそらく網状部は，初期の段階では，他の岩体と同様の優白色部であつたと思われる。花崗岩化作用が続行してその部分がより花崗岩質になると，相接する太田切ペグマタイトなどが浸透し，最後は，両者は境界のない連続した岩相になつたものであろう。

網状脈以外の所は，hornblende, biotite, plagioclase, および quartz からなり，後に示すように，化学成分と鉱物成分はともに最も原岩に近い岩体に類似している。しかしながら，この岩体の存在する所は縞状片麻岩帯の中心地域であり，鏡下の組織をみても，原岩の組織はまつたく不明瞭である。したがつて，この岩相はかなり変成作用をうけていると解さなければならない。

そこでよく注意してみると，一部でこの岩相が前記の garnet-biotite facies から移化している所がみられ，また garnet-biotite facies には，太田切ペグマタイトに接して局部的に塩基性化された部分が生じているが，この両者には類似している点が多く，場合によつてはほとんど区別しがたいことがある。したがつて，網状脈以外の所が原岩に近い成分を有するのは，おそらく太田切ペグマタイトが浸透した段階で起こつた塩基性化作用が関係しているものと考えられる。

4.5 伊奈川花崗岩中の岩体

伊奈川花崗岩中のもののうち，原岩に近いものは，上記の分類によれば hornblende-biotite facies であり，花崗岩化の進んだものは biotite facies であつて，両 facies が同一岩体内でみられることが多い。全体的な分布傾向をみると，北部のものほど hornblende-biotite facies に富み，南下するほど biotite facies に富んでいる。したがつて，花崗岩化の程度は，南部ほど高いといいうる。

biotite facies のうちでも最も酸性のものは，変成岩地域の岩体の最も酸性のものよりも，一層酸性であつて，もはや花崗岩質岩石である。

また biotite facies が，伊奈川花崗岩と接する付近に

は，porphyritic plagioclase が生じ（小出のporphyritic plagioclase の series），しばしば粒度が粗くなつていることがある（小出の mechanical disintegration）。

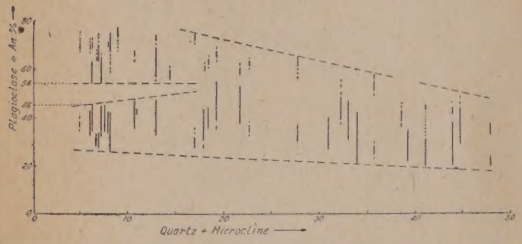
5. 構成鉱物[註5)]

5.1 Quartz

quartz は，原岩に近いものでは，細粒状であり花崗岩化作用が進むにつれてより大型になり，またポイキリチックの結晶に成長する。この比較的大型の quartz は，波動消光が著しく，晶出時の偏圧の影響を示している。

5.2 Plagioclase

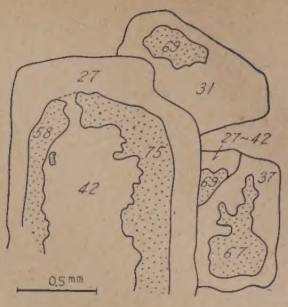
最も原岩に近い岩体（No. 1A, 1B）のものは，自形・新鮮で，双晶・累帯構造ともに発達する。成分は[註6)]An



第5図 Plagioclase の成分と quartz+K. feldspar (microcline) との関係。plagioclase は花崗岩化とともに酸性化し，成分範囲が狭くなる

77% ないし An 60 %ほどで，ときに周辺部に An 40 % 以下に達する外縁部が発達する。花崗岩化が進むと，全体は Ab 成分に富んでゆくが，その状態は第5図の，An % と quartz+K. feldspar との関係図に示される[註7)]。また plagioclase は，しばしば特徴のある累帯構造を示す。典型的にこの特徴を示すものでは，塩基性の不規則型の中核部と酸性の縁辺部とは明瞭な境界で接し，しかも中核部は汚濁していることが多く，縁辺部は新鮮である。このような plagioclase は，すでに小出が門島花崗岩に関して詳細に論じているが[12)]，塩基性岩が花崗岩化されるさいに，しばしばみられる特徴的なものである（第6図）。

この plagioclase の中核部は，変質作用のため，成分の測定は困難なことが多いが，最も塩基性の部分は An 75%以上に達する。中核部と縁辺部の明瞭な境界を境として，成分にはやゝ大きな差がみられ，比較的花崗岩化の進まない岩体においては，第5図に示されたように，An 46 % またはそれ以上から，An 54% の間の値を示す plagioclase はみあたらない。おそらく，この空白部は，都城秋穂が指摘したような[22)] miscibility gap といいうるものであろう。



第6図 汚濁した plagioclase の塩基性部。不規則な形の例。数字は An%。アルバイト式双晶を図から省略してある。

花崗岩化作用が進むにつれて，plagioclase の自形性は次第に失なわれ，丸味を帯び，累帯構造は漸次少なくなり，汚濁した中核部も，境界がぼけてゆく。最も酸性の型のものでは，汚濁した中核部でも An 35 %以下に達し，An 20 % に達する外縁部が発達するものがある。

また，伊奈川花崗岩中の岩体にみられる porphyritic plagioclase には，細かい双晶は発達するが，累帯構造は顕著でなく，鏡下でも原岩に由来した plagioclase と区別できる。成分は，An 25～43 %である。これは周辺の伊奈川花崗岩中のものによく類似した特徴であつて，伊奈川花崗岩のものには，累帯構造の発達は弱く，その成分は An 23～40%である。したがつて，このporphyritic plagioclase の晶出は直接伊奈川花崗岩に関係するものであろう。

なお，縞状片麻岩中の plagioclase は，累帯構造が目立たず，成分は An 25～33 %であり，太田切ペグマタイトのものも，ほゞ同様の性質である。

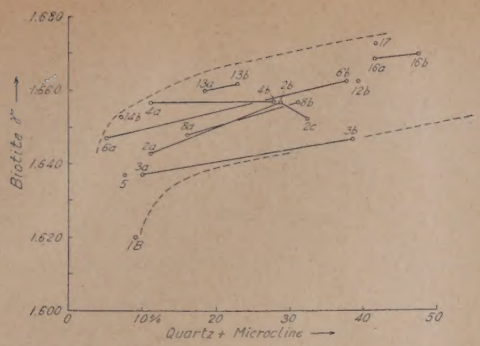
5.3 Biotite

Biotite は一般に変成岩特有の淡色のものが多く，最も原岩に近い岩体（1A, 1B）中のものが最も淡色（pale orange brown）であり，そのほかの変成岩地域のものは，全体として orange brown～reddish brown である。伊奈川花崗岩中のものは，それより色の差があり，reddish brown～brown，ときに dark brown で，変成岩地域のものより，僅かではあるが一般に濃色である。

註 5) 構成鉱物の光学性に関しては小出博の資料を参照されたい。

註 6) 最大対称角をユニバーサルステージで測定

註 7) 変輝緑岩の花崗岩化の程度を示す尺度は，（1）野外では色，（2）鉱物成分では quartz+K. feldspar，（3）化学成分としては SiO_2 %を一応の基準とした。



第7図　Biotite の屈折率（γ）とその岩石中のquartz＋K. feldspar（microcline）との関係。数字は標本番号でNo. 14～17は飯田地質図幅説明書資料。同一岩体内での異なる資料は直線で結んである。

第7図は屈折率（γ）とその biotite を含む岩石の quartz＋K. feldspar との関係である。No. 1B の pale orange brown biotite は 1.620 の最低値で，他は 1.635 以上である。そして，各岩体は 1.640～1.670 の間でかなり大きな差をみせるが，同一岩体内では，花崗岩化作用が進むにつれて高くなつている。

また No. 4a～4b の garnet-biotite facies のものは，1.657 であるが，その局部的に塩基性化された部分は，1.634～1.635 と低くなつている。このことは，太田切ペグマタイト中の biotite の屈折率が 1.635± である点を参照すると興味深い事実である。

なお，縞状片麻岩中の biotite は 1.641～1.647 である。

5.4 Hornblende

最も原岩に近い岩体（No. 1A，1B）の hornblende は brown hornblende（X＝pale yellowish brown, Y＝yellowish brown, Z＝greenish brown, 屈折率γ＝1.670）で，その縁辺部は，nearly colorless～pale green の hornblende（屈折率 γ＝1.660 以下）に移化している。それ以外の岩体のものは，多色性の少ない pale yellowish green のもので，岩体間での色の差は少ない。blue green のものは伊奈川花崗岩に接した部分に1例みられた。

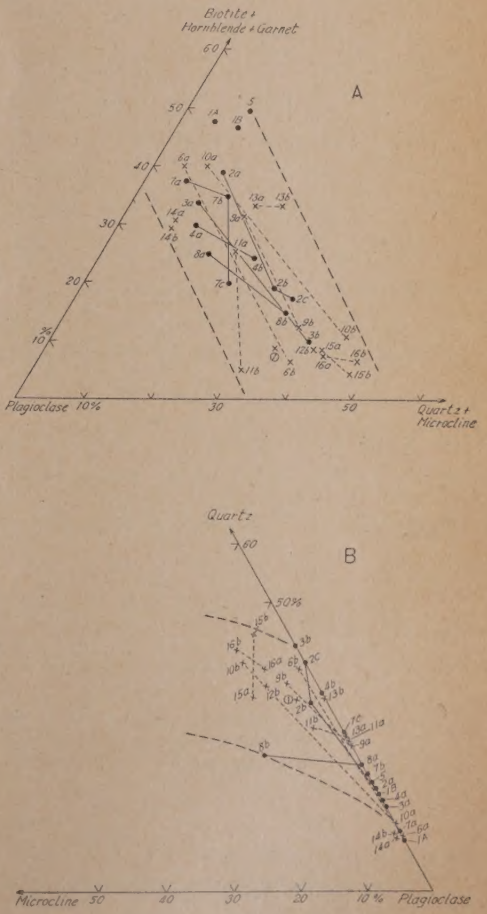
5.5 Garnet

Garnet は最大径 2 cm に達し，多い時は，岩体の10数％の量に達する。一般に，花崗岩化作用の進まない部分ほど大型結晶で，また量的に多い。

鏡下でみると，非常にポイキリチックな単晶で，丸味を帯びた quartz, sericitized plagioclase, chloritized biotite などを包有している。一般に無色であるが，中心部のみが淡いピンク色で，細かい biotite や，ちんあい状鉱物などを包有していることがある。また garnet の周囲には，やゝ大型の biotite が集合していることがある。この garnet は，都城秋穂の鑑定によればほゞ almandine である（格子常数 $a_0 = 11.58$Å）。

6. 鉱物成分と化学成分

花崗岩化作用に伴なう鉱物成分と化学成分の変化を知るため，鉱物容量比の測定と化学分析を行なつた。分析は，1岩体中に，暗色部と優白色部の共存するものに関して，その両者（または3者）を行なつた（上松地質図幅説明書資料＝第1表上部）。また鉱物容量比は，point counter 法で求めた（1枚の薄片について約400点測定）。このうち，化学分析した標本に関してのみ第1表下部に示す。



第8図　変輝緑岩の鉱物容量比をプロットした三角図表
●……変成岩中の岩体　×……伊奈川花崗岩中の岩体

第1表 変輝緑岩の化学分析値と鉱物容量比

標本番号	1 B	2 a	2 b	2 c	3 a	3 b	4 a	4 b	5	6 a	6 b	①
SiO_2	53.41	54.76	65.61	70.79	57.76	73.21	60.75	63.70	51.79	52.62	73.13	71.12
TiO_2	0.69	1.06	0.57	0.47	0.77	0.14	0.87	0.57	0.96	0.97	0.25	0.16
Al_2O_3	15.52	18.31	16.43	13.55	18.21	14.76	17.81	17.39	15.97	17.87	14.04	15.35
Fe_2O_3	1.55	1.90	1.24	1.64	1.65	0.39	1.73	1.64	1.90	2.00	1.04	0.57
FeO	6.36	5.91	3.13	2.03	5.03	1.33	4.96	3.96	7.73	6.47	1.33	2.20
MnO	0.10	0.13	0.11	0.08	0.19	0.16	0.06	0.09	0.18	0.14	0.03	0.02
MgO	8.62	3.83	1.22	1.74	3.89	0.75	2.18	1.51	7.10	4.70	0.58	0.49
CaO	9.79	7.00	3.67	2.40	6.65	5.00	5.00	4.44	9.40	8.39	2.85	3.64
Na_2O	1.31	2.12	3.18	3.55	0.89	2.70	2.51	3.35	1.18	3.17	3.83	3.45
K_2O	0.71	2.45	2.88	1.25	2.78	0.62	2.42	1.70	1.49	1.51	1.55	2.11
P_2O_5	0.12	0.31	0.28	0.09	0.32	0.15	0.26	0.22	0.24	0.20	0.06	0.05
H_2O^+	1.66	1.43	1.03	1.85	1.53	0.50	1.19	1.16	1.29	1.38	0.91	0.49
H_2O^-	0.40	0.36	0.36	0.34	0.38	0.14	0.48	0.36	0.36	0.48	0.30	0.91
Total	100.24	99.57	99.71	99.78	100.05	99.85	100.22	100.09	99.59	99.90	99.90	99.84
Biotite γ	1.620	1.643	1.657	1.648	1.637	1.647	1.657	1.657	1.637	1.647	1.667	
Hornblende γ	1.670(+)(中心部)	1.669	—	—	—	—	—	—	1.668	1.670	—	—
Plagioclase	44.5	50.2	52.0	49.5	56.5	51.8	59.3	53.6	41.2	52.4	56.2	57.0
Quartz	9.0	10.8	26.2	32.5	9.8	38.5	11.0	27.8	9.5	5.4	36.3	30.3
K. feldspar	—	—	2.3	—	—	—	—	—	—	—	1.0	3.7
Biotite	8.7	28.8	19.2	16.8	33.0	9.2	25.4	17.2	20.3	13.0	6.5	9.0
Hornblende	37.5	10.0	—	—	—	—	—	—	28.2	27.7	—	—
Garnet	—	—	—	0.5	0.2	0.5	4	0.8	—	—	—	—
Others*	0.3	0.2	0.3	0.7	0.5	—	0.3	0.6	0.8	1.5	—	—
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

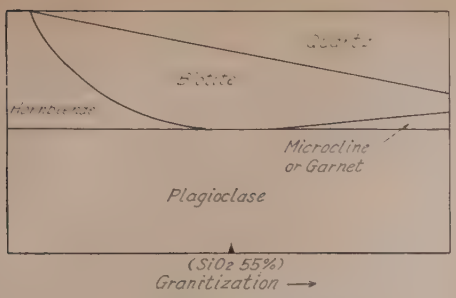
註 1) 分析値は上松地質図幅説明書資料，たゞし①は飯田地質図幅説明書資料。 分析：大森えい

2) 同一数字は同一岩体内の標本でa→b (→c) の順序で花崗岩化が進んでいる。

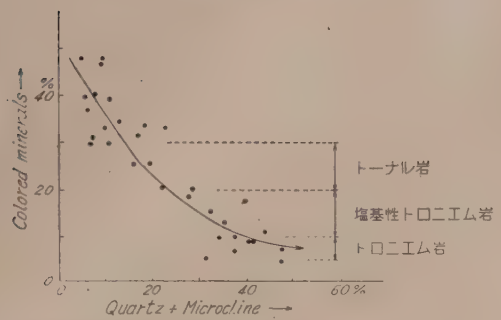
* Fe ore, apatite, sphene など

6.1 鉱物成分 (鉱物容量比)

まず，鉱物容量比の値を第8図の2つの三角図表にプロットした。A表によれば，plagioclase の量は，花崗岩化作用によつて大きな変化はなく，各岩体それぞれ45～60%の量比を保つている。plagioclase の変化は，主として塩基性→酸性という質的変化がおもなものである。一方 quartz+K. feldspar は大幅に増加し，有色鉱物は減少している。B表によれば，花崗岩化作用が進むほど quartz が増すが，その量が，10～15% を超した頃から，garnet を含まない岩体には，少量の K. feldspar



第9図　変成作用に伴なう変輝緑岩の鉱物容量比の変化（概念図）



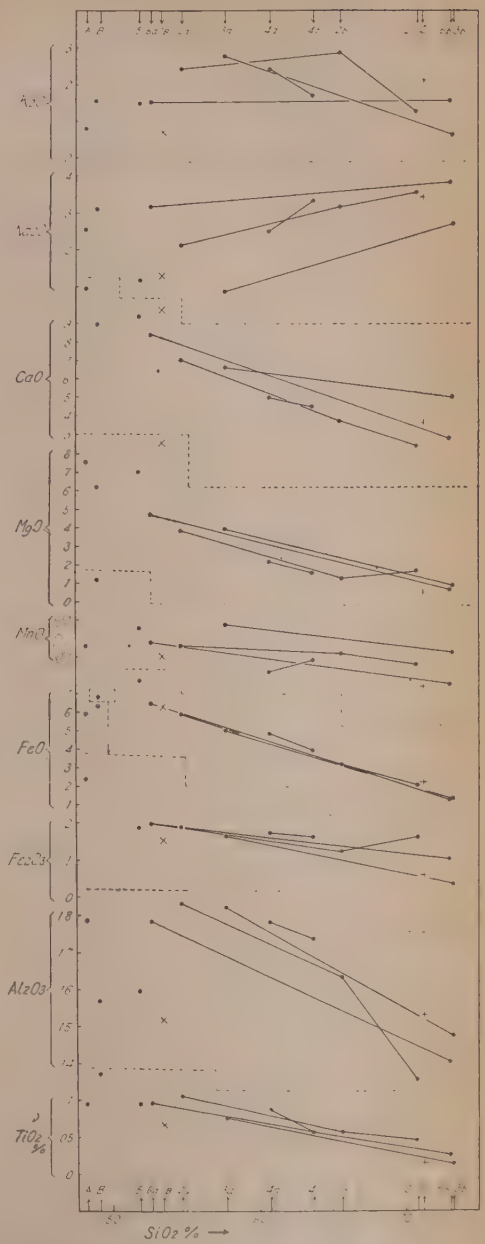
第10図　有色鉱物と quartz+K. feldspar (microcline) との関係。花崗岩化作用は，ほゞ矢印に沿つて進行する。

が晶出し始める。なお，図には示さなかつたが，hornblende の量の減り方は最も急激であり，quartz が 10% を超す岩体では 10% 以下の量比に落ちるのが普通で，quartz が 20% を超すものでは，もはや hornblende は含まれないのが多い。

このような変化を模式化すると第9図のように表現できる。またさらに，有色鉱物と quartz+K. feldspar との関係を調べると第10図のようになり，原岩の輝緑岩は花崗岩化するにしたがつて，トーナル岩，塩基性トロニエム岩を経てトロニエム岩に到達する註8)。最後の塩基性トロニエム岩やトロニエム岩などが，領家帯でいわゆる門島型花崗岩といわれているものに似ている。

6.2 化学成分

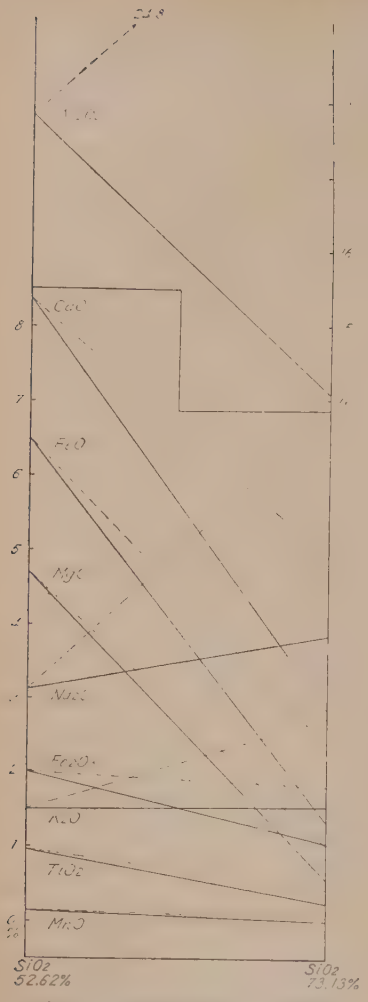
次に化学成分であるが，まず，SiO_2 を横軸にとり，縦軸に各酸化物をとつて SiO_2 の変化に応ずる増減を調べると，第11図のようになる。これは，同一岩体内の標本を直線で結んであるが，この直線は，K_2O の一部（garnet を含まないもの）と Na_2O をのぞき，ほとんど全部が減少の方向をとつている。



第11図　化学分析値の SiO_2 % と各酸化物の量との関係図。
A：Daly によつて示された玄武岩の値
B：同じく玄武岩の値

この第11図は各酸化物の縦軸の目盛が一定していない。したがつて示された線の傾斜を，そのまま相互に比較することはできないが，このグラフをみると，6a→6bの変化は，ほゞ全部の増減の傾向を代表する1つであるしたがつて，6a→6b に関してのみ，その変化を各酸化

註 8)　この分類は，生来重夫が阿武隈地方で分類した方法である[4]。



第12図 6a→6bの変化に伴なう各酸化物の量的変化。第11図と異なつておのおのの共通の目盛にしてある。また点線は SiO_2 が増加しなかつたと仮定して計算しなおした場合。

物共通目盛にして増減を図示したのが第12図である（実線）。

この変化図には SiO_2 の変化は示してないが，SiO_2 は約20％という大幅な増加を示している。したがつて，大半の酸化物は減少の傾向がみられるだけで，SiO_2 をのぞいた各酸化物相互の相対的な増減がわかりにくく，化学成分と鉱物成分の対応を検討しにくい（SiO_2 の増加は鉱物の組合せに影響を与えていない）。それゆえ，仮に SiO_2 が増加しなかつたとして（いいかえれば増加した SiO_2 分だけ体積が増したと仮定して）計算をしなおしてみると第12図の点線のようになる。こうしてみると，Al_2O_3，Na_2O および K_2O の他の酸化物に対する相対的な増加が注目される。そのほかの岩体に関しても，一部の K_2O をのぞけば，もちろん似たような傾向を示している。

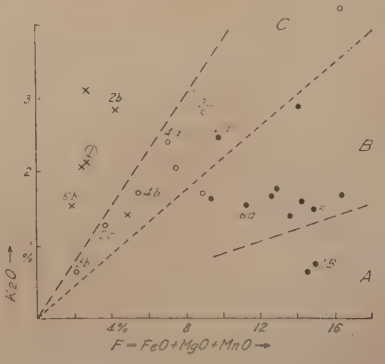
6.3 鉱物成分と化学成分との関係

花崗岩化作用に伴なつて最も量的変化の激しいのは SiO_2 であるが，増加した SiO_2 は全部 quartz の晶出に費やされたとみなしうる。例えば，6a→6b の変化において，SiO_2 は約20％増加し，quartz の容量比，重量比とも30％余増加している。

FeO，MnO，MgO，TiO_2 の減少は，有色鉱物の減少に関係する。CaO の減少は hornblende の消失と，plagioclase の酸性化に関係する。Al_2O_3 は大半の鉱物に関係する成分であるが，この場合は，主として plagioclase の量に影響されている。Na_2O の変化も plagioclase の量と成分の変化に応ずるものである。

また，K_2O は，plagioclase には関係せず，biotite および K. feldspar の晶出に関連する。hornblende が分解すると，解放された FeO，MgO などは“相対的”に増加している K_2O と結合して biotite を生ずる。K_2O が biotite を作る以上に供給された場合には，余分の K_2O は K. feldspar の形成に使用されるであろう。ここで，もし hornblende の分解に対して K_2O の供給が充分でないときには，biotite の代わりに，一部に garnet が生ずることが考えられる。このことは garnet を含む岩体が，K_2O の減少の傾向を示し，K. feldspar を含まないことからも推定される。

これらの事実は，K_2O と F＝FeO＋MgO＋MnO との関係図で表現することもできる（第13図）。すなわ



第13図 変輝緑岩の K_2O と F＝FeO＋MgO＋MnO との関係。番号を附した以外のものは，段戸地方（小出），阿武隈変成帯（渡辺，小倉），Finland（Härme 等）のもの。
●：hornblende-biotite facies，○：garnet-biotite facies（段戸地方には少量の hornblende，K. feldspar を含むものがある），×：biotite facies，K. feldspar を含む（阿武隈変成帯には少量の hornblende を含むものがある）。

ち，K_2O と F 成分の量比によつて，A＝原岩に近い岩相のフィールド，B＝hornblende-biotite facies のフィールド，C＝garnet-biotite facies のフィールド，D＝biotite facies（K. feldspar を含む）のフィールドの4者にほゞ分けることができる。

次に，この地域および段戸地方の変輝緑岩を，ACF 図表にプロットすると第13図のAのような結果が得られる。この図によれば，大半の分析値は anorthite, almandine, biotite および hornblende を結ぶ範囲内にプロットされる。この地方の変輝緑岩では，一般に，hornblende は，garnet (almandine) および K. feldspar と共存していないが註9)，この事実は，anorthite と biotite を結ぶ直線（破線）を引くことによつて説明されよう。それによれば，hornblende の消失には，F 成分の減少と同時に CaO の減少が大きく影響しているように思える。

また，hornblende を含まない岩相について AKF 図表を作つてみると（14図b），biotite の位置を境として garnet を含むものと K. feldspar を含むものとに分けられる。

さきに，garnet-biotite facies が太田切ペグマタイトと密接して露出することを述べたが，このことは，garnet が，(hornblende のみられない岩体で) K_2O に比較的乏しい場合に晶出するという事実と関連するのではなかろうか。例えば hornblende を含まない garnet-biotite facies が，太田切ペグマタイトに接した所（塩基性化された部分）には，ふたゝび hornblende が生じている事実があり，局部的な K_2O の減少が予想される点などからみると，上記の推定もまつたく無意味というわけではない。しかし解決は今後に残されている。

第14図 a

第14図 b この地方と段戸地方の変輝緑岩に関する ACF 図表と AKF 図表。点の印は第13図と同様

6.4 堆積岩起原の変成岩類の化学成分との比較

まず当地方および段戸地方の，粘板岩・砂岩など，古生層堆積岩起原の変成岩類と，変輝緑岩の化学成分とを比較する。

堆積岩起原の変成岩類では，一般に SiO_2 は 65％前後であるから，変輝緑岩も SiO_2 57～67％ のものをとりだして比較すると，CaO および MnO は変輝緑岩に多く，K_2O は堆積岩起原の変成岩類に多い註10)。

この程度の SiO_2％ の変輝緑岩では，堆積岩起原の変成岩類と同様に hornblende の存在しないものが多いから，両者の CaO はいずれも plagioclase にはいつている。plagioclase の量は変輝緑岩により多く，化学成分とよくマッチしている。また，両者とも Al_2O_3 は似たような量であるが，変輝緑岩だけに，muscovite, sillimanite や cordierite など，Al_2O_3 に富む鉱物が生じていないのは，この Al_2O_3 は CaO とともにより多量の plagioclase を構成しているからであろう。K_2O は CaO ほど大きな差はないが，堆積岩起原の変成岩類に多く，量的にまさる K. feldspar を構成している。

MnO は変輝緑岩ではほゞ 0.1～0.2％ 存在し，堆積岩起原の変成岩では 0.03～0.07％ 程度が普通である。この差が，変輝緑岩には garnet が存在するが，堆積岩起原の変成岩中には，あまり多く含まない事実に対する大きな原因となつていると考えられる。変成岩中の garnet の晶出にはマンガンの量，詳しくいえばその岩石中の Mn/Fe^{2+}（および Fe^{2+}/Mg）の値が大きく関係

註 9) 段戸地方およびその他の地方ではこの3者が共存する岩体がみられる。

註 10) FeO と Fe_2O_3 は，この地方と段戸地方の変輝緑岩との間には相当大きな差があり，この点は別に考察しなければならないだろう。

することは都城秋穂によつて理論的に考察された事実であるが，この地域の変輝緑岩に関しても，当然同様のことが期待さるべきである。

領家変成岩類と似たような性質の変成岩が分布する，阿武隈変成帯の変輝緑岩には garnet は存在しない。いままでに発表された MnO を含む分析値 4 個のうち，2 個までが MnO は痕跡である事実から推すと，この変成帯の変輝緑岩は，われわれの地方のものより MnO に乏しいと考えても無理ではない。また，北米の North Carolina 州にある metadolerite または ortho-amphibolite[19] と呼んでいるものには，garnet (almandine) の存在するものとしないものがあるが，MnO の量が，大体 0.19 % を境とし，それ以上の場合には garnet が存在し，以下の場合は存在しないという現象がみられる。その論文の著者は岩石中の水の役割について考察しているが，マンガンの量に関しても無視することはできないであろう。

7. 結　言

以上いくつかの事実を列挙してきたが，それらのうち重要な点を要約すると，

1) 変輝緑岩は，領家帯の変成・深成作用の期間中に貫入した輝緑岩質岩石(おそらく hornblende-plagioclase rock) を原岩としたものである。

2) 原岩の貫入後，引き続いて作用した変成作用により，顕著な物質の交換を行ない，花崗岩質岩石＝トロニエム岩に近づく。交代作用と花崗岩化作用の典型的な 1 例である。

3) 花崗岩化作用に伴なつて，各構成鉱物の性質も次第にその性質を変えてゆく。

4) 鉱物組成の変化は，大ざつぱにみて，hornblende を含む岩相から biotite を含む岩相へ，さらに K. feldspar を含む岩相に移化する。また一部に garnet (almandine) を含む岩相を生ずる。

5) 化学成分の変化としては，花崗岩化作用が進むにつれて，SiO_2 は飛躍的に増加し，K_2O と Na_2O も増加する。たゞし，garnet を含む岩体では，一時的な現象かも知れないが，K_2O はむしろ減少の方向をとつている。

6) 4) にあげた岩相の変化は，CaO の減少と，K_2O と F＝FeO＋MgO＋MnO の比に影響されるものである。

7) 一般に，変輝緑岩の garnet (almandine) の晶出には，その岩体にマンガンが比較的多いということが 1 つの條件になつていると思われる。

以上の事実をさらに堀り下げるためには，個々の構成鉱物に対する詳細な資料を求める必要があろうし，また一方，より広範な資料，例えば太田切ペグマタイト・太田切花崗岩および伊奈川花崗岩などの知識を深めるべきであろう。

(昭和 29 年 8 月～10 月調査)

文　献

1) Goodspeed, G. E. : Relict dikes and relict pseudodikes, Amer. Jour. Sci., Vol. 253, No. 3, 1955

2) 牛来正夫：塩基性岩にみられる花崗岩化作用の 1 例（演旨），地質学雑誌，Vol. 54, No. 636, p. 108, 1948

3) 牛来正夫：深成岩に伴なう輝緑岩様岩石について（演旨），地質学雑誌，Vol. 55, No. 648～649, p. 151, 1949

4) Gorai, Masao : Petrological study on the plutonic rocks of Gosaisho-Takanuki District, Southern Abukuma Plateau, Mem. Faculty, Sci., Kyūshū Imp. Univ., Ser. D, Vol. II, No. 2, 1944

5) Härme, M. & M. Laitala : An example of granitization, Bull. Comm. géolog. Finland, Vol. 28, 1955

6) 平山　健：香川県白鳥本町附近の所謂スペッサルタイト及び文象斑岩について，地質調査所報告，No. 141, 1951

7) Iwao, Shūichi : On some basic inclusions in granites of Kuga District, Nagato : A study in contamination, Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 13, 1936

8) Iwao, shūichi : The origin of the basic inclusions in the granitic rocks of the Yanai District, Japan and their petrographic features, Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 17, 1940

9) 片田正人・礒見博：5 万分の 1 地質図幅上松，および同説明書，地質調査所，1958

10) 片田正人他 4 名：中央アルプスとその西域の地質，その 1，中央アルプスの領家帯，地球科学，No. 41, 1959

11) 河田清雄・山田直利：5 万分の 1 地質図幅飯田，および同説明書，地質調査所，1957

12) 小出　博：天竜峡附近の花崗岩類，東大農学部演習林報告，No. 30，1942

13) Koide, Haku : Dando granodioritic intrusives and their associated metamorphic complex, Jap. Society. Prom. Sci., 1958

14) 小倉義雄：御斎所・竹貫地方にみられる変輝緑岩の花崗岩化作用について（演旨），地質学雑誌，Vol. 472，p. 437，1957

15) Ogura, Yoshio : On the granitization of some basic rocks of the Gosaisho-Takanuki District, Southern Abukuma Plateau, Japan, Jap. Jour. Geol. Geogr., Vol. 29, No. 4, 1958

16) Miyashiro, Akiho : Regional metamorphism of the Gosaisyo-Takanuki District in the Central Abukuma Plateau, Jour. Fac. Science, Univ Tokyo, Sec. 2, Vol. 11, Part 2, 1958

17) 村山正郎・片田正人：5万分の1地質図幅赤穂，および同説明書，地質調査所，1957

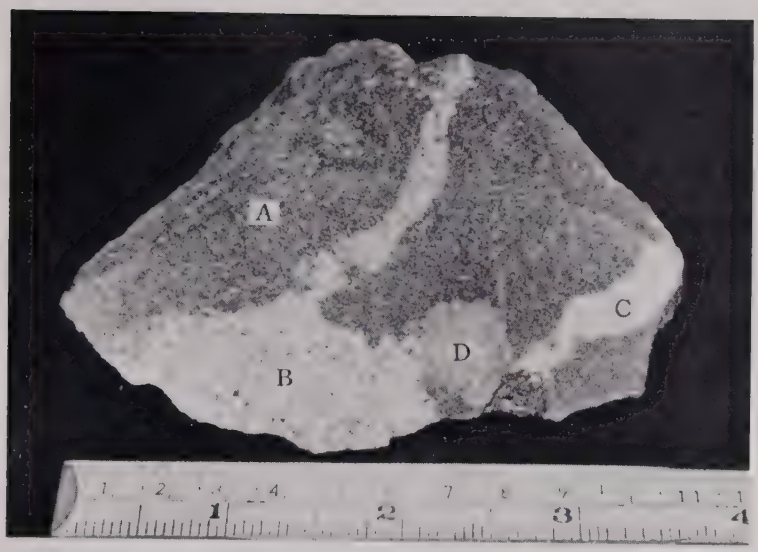
18) 柴田秀賢：木曽谷の地質，第2報，長野営林局局報，No. 19，1954

19) Wilcox Ronald E. & Arie Poldervaat : Metadolerite dike swarm in Bakerville-Roan Mountain, North Carolina, Bull. Geol. Soc. America, Vol. 69, No. 11, 1958

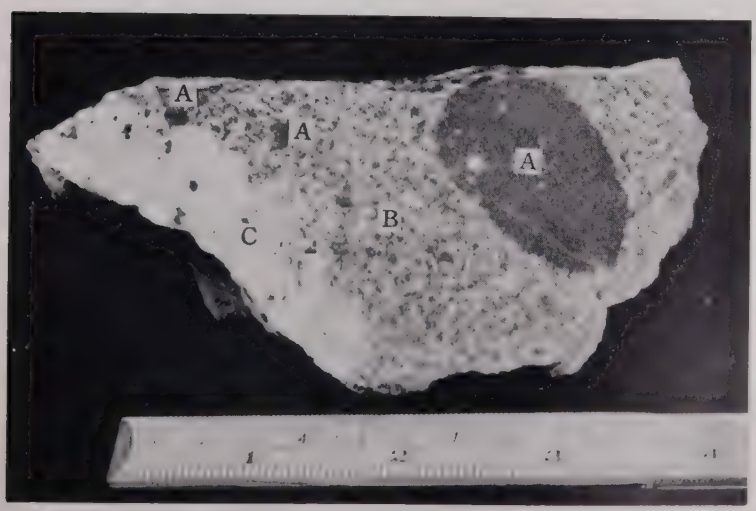
20) 山田直利・村山正郎：5万分の1地質図幅妻籠，および同説明書，地質調査所，1958

21) 渡辺岩井：北部阿武隈高原における細粒塩基性岩の花崗岩化作用，地質学雑誌，Vol. 88，No. 680，1952

22) 渡辺岩井：阿武隈高原の花崗岩化作用，地球科学，No. 35，1957



図版 1a　変輝緑岩の暗色部と優白色部の1例。両者とも garnet を含む (garnet-biotite facies)。A : No.3a, B : No.3b (No.3a の花崗岩化の進んだ部分), C : ペグマタイト (太田切ペグマタイト), D : garnet, とくに大きな例



図版 1b　伊奈川花崗岩中の変輝緑岩の1例。A : hornblende-biotite facies (No.9a), B : biotite facies (No.9b, No.9a の花崗岩化の進んだ部分), C : 伊奈川花崗岩

図版 2a　変輝緑岩の顕微鏡写真（原岩の組織を残している例）
（No. 1B）

図版 2b　変輝緑岩の顕微鏡写真（赤穂地質図幅説明書資料）岩石は図版 1b に同じ。
右方が No. 9a，左方が No. 9b

図版 3　ペグマタイト網状脈の発達する変輝緑岩（No. 5）

551.48/.49 : 550.84/.85 (521.23) 62

栃木県鬼怒川右岸工業用水源地域調査報告

—— 関東東部地域調査　第1報 ——

蔵田　延男*　小西　泰次郎*　木野　義人*　高橋　稠*　池田　喜代治**

Ground Water Resources for Fabric Industry on the Right Bank of the Kinu River, Tochigi Prefecture

by
Nobuo Kurata, Taijirō Konishi, Yoshito Kino,
Shigeru Takahashi & Kiyoji Ikeda

Abstract

The under flow and ground water of this area are utilized by 30 manufactories, except one paper machine factory using the surface stream, and the quantity of the ground water is 80,000 cub. m per day.

In the vicinities of Utsunomiya city in the northern part of this area, the ground water is poor, but in the vicinities of Oyama city and others, the confined and artesian water being rich in quantity and good in quality will be expected to be utilized in large quantity for the modern fabric industry.

要　旨

1)　栃木県鬼怒川右岸流域における地下水透水部の分布・水質などについて総括的なとりまとめを行なつた。

2)　調査地域内の工業用水源を対象とした総取得量は，124,700m³/day 強で，このうち全体の 85% が井戸利用工場で，15%が河川の表流と暗きよから収水している。

3)　宇都宮・栃木・足利各市の工業用水源は，自由面井戸に依存して地下水を得ており，おもに河川の伏流水が利用されている。

4)　小山市周辺では豊富な被圧面地下水が分布しており，深度 80～110m 付近に砂礫質の帯水層が数枚あり，良質の地下水が工業用水源として利用されている。

5)　自噴性地下水は思川および巴波川下流域に分布しており，一般民家の水源として掘抜井戸が利用されている。掘さく深度は自噴帯の北部で 30m，南に行くに従つて深くなる傾向にあり，南部で 120m 程度であるが，まだ基盤には達していないものと推定される。

6)　調査結果によれば，自噴帯の範囲および規模が判明したが，この自噴性地下水は非常に豊富であり，工業用水源としての将来の開発・利用が推奨できる。

*　地質部
**　技術部

1. 緒　言

東京を中心とした半径 100 km 以内が首都圏整備地域であるが，宇都宮・鹿沼両市は丁度その北限にあたつている。この調査は北はこれら宇都宮・鹿沼両市より，南は小山市の南西に及ぶ鬼怒川上流右岸地帯に対してなされたものである。調査地の中心にある宇都宮市は，戦災によつて壊滅したが，首都圏整備地帯の一翼をにない，新しく工業都市として立ち上ろうとしている。

宇都宮・鹿沼・栃木および小山の各市を結ぶこの地域は，従来の大谷石・干瓢の原始産業から脱却して新しい工業化を目ざしている。こゝでは工場敷地となるような土地の余裕はあるが，しかしその用水源は果してどうであろうか。この地域の東を流れる鬼怒川は，中禅寺湖周辺の水を集めて関東北縁の山岳部を流下し，宇都宮市北方で平地にはいり，田畑をうるおして南下している。また足尾山塊を水源とする支流群は集まつて思川となり，古河市北西の遊水池に注いでいる。この両河川の沿岸およびそれに挟まれた平地部は，すべて水が北から南に向かい奔放自在に流れ，あるいは伏没し，また自噴地帯をつくり，全体として水の豊富な土地ということができる。しかし宇都宮・鹿沼両市は背後に直接山を控え，地下水のかん養地帯に乏しく，また一部の表流水を工業用水と

して利用している工場にあつても，調査当時の 33 年夏のような渇水時においては極度の水不足に陥つており，操業停止という事態にまで立ち至つている工場さえあつた。水が豊富であると思われているところでさえ案外水に困り，また無関心であることもとくに指摘しておいてよいことかと思われる。なお調査期間中に栃木県庁・宇都宮市役所・小山市役所その他関係各位の御協力をいただいたことに厚く感謝の意を表する。

2. 調査規模

調査地域　宇都宮市と小山市の間を結ぶ鬼怒川上流右岸地域，黒川および思川流域における沖積平野一帯（5万分の1地形図　矢板・鹿沼・宇都宮・栃木・壬生・古河・結城参照）

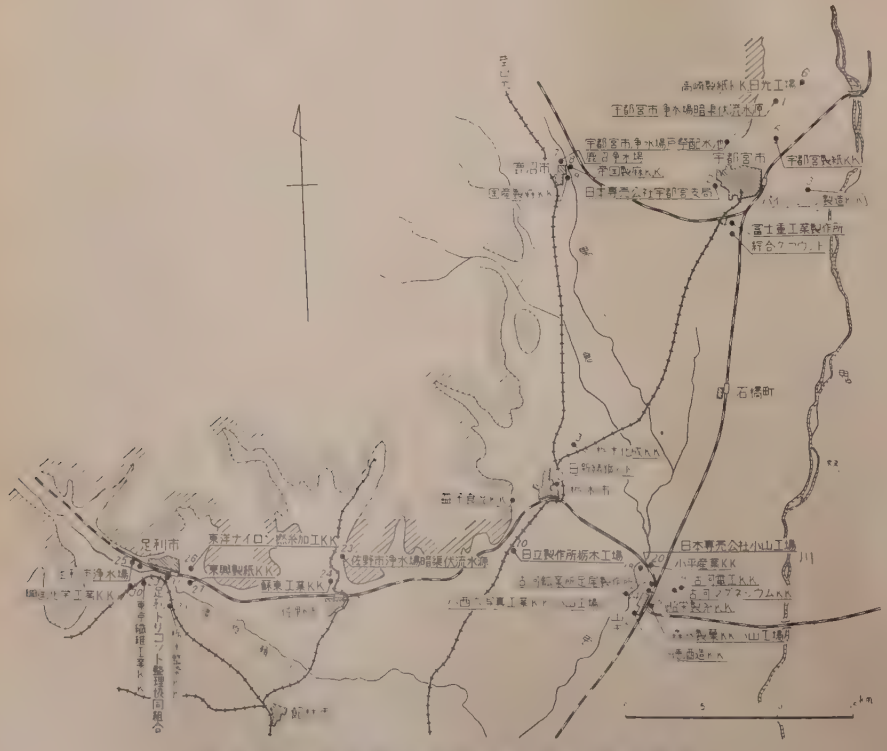
調査期間　第1次　昭和33年7月1日～7日
　　第2次　昭和33年7月17日～30日

調査対象工場などの巡検	33カ所
工場井戸および河川表流水試料の化学分析	31カ所
一般浅井戸・河川表流水の水比抵抗測点	400点
電気探査	6測点
工業用水調査票収集	35カ所
さく井地質断面図収集	約 20

第1図　調査地域（斜線部）

調査担当者
野外調査および工場巡検

歳田延男（総括）
小西泰次郎
高橋稠
木野義人



第2図　栃木県工業用水調査対象工場位置図

水試料採取および室内化学分析

池田喜代治

3. 地表地質の概要

北西県境に源を発する鬼怒川は，中禅寺湖から注ぐ大谷川と合し，南下しながら西鬼怒川と分岐するあたりから広い沖積平野をつくり，その両側にはローム層に覆われた洪積台地が細長く連なつている。また鹿沼市周辺の丘陵地には，鹿沼土と称せられる厚さ1～2mの浮石層を挟んだローム層が広く分布している。

調査地域の基盤岩は，宇都宮市の北方に露出する新第三系中新統（大谷石として知られている大谷地区の凝灰岩を含む）があり，一方西部の山岳地帯には古生層が広

第1表　栃木県下の工場などにおける地下水取得量の現況

No.	地区名	工場および施設名	所在地	敷地坪数	表流取得量 m³/day	地下水取得量 (m³/day/時間)	用水総取得量 m³/day	井戸本数
1	宇都宮市	宇都宮市浄水場	宇都宮市中塙田町384の2		16,800	2,850	19,650	1 暗きょ集水
2	〃	日本専売公社宇都宮地方局	宇都宮市睦町2,314	41,380	—	492	492	1
3	〃	パインミシン製造K.K.	宇都宮市平出町950	119,092	—	240/12	240	1
4	〃	富士重工業K.K.宇都宮製作所	宇都宮市西原町680	73,181	—	1,100/5～6	1,100	5
5	〃	宇都宮製紙K.K.岩曽工場	宇都宮市岩曽町1,188	21,060	—	4,320/24	4,320	2
6	〃	高崎製紙K.K.日光工場	栃木県河内郡河内村白沢592	338,552	50,000	—	50,000	0
7	鹿沼市	鹿沼浄水場		3,000	—	4,200	4,200	2 暗きょ集水井
8	〃	帝国製麻K.K.鹿沼工場	鹿沼市府所本町197	93,300	—	4,400	4,400	5
9	〃	国産製麻K.K.鹿沼工場	鹿沼市朝日町1,941	2,114	—	3,000	3,000	2
10	栃木市	K.K.日立製作所栃木工場	栃木県下都賀郡大平村富田800	550,000	—	4,000	4,000	4
11	〃	益子食品K.K.	栃木県栃木市平井町132	8,000	—	630	630	3
12	〃	日新鋳鋼K.K.栃木工場	栃木市平井町132					
13	〃	栃木化成K.K.	栃木市大宮町2,327					
14	小山市	小西六写真工業K.K.小山工場	栃木県下都賀郡美田村大行寺115	4,558	—	770/16	770	1
15	〃	森永製菓K.K.小山工場	小山市小山1,840	3,216	—	1,440/9.5	1,440	1
16	〃	昭栄製糸K.K.小山工場	小山市稲葉郷100	20,000	—	360/20	360	1
17	〃	古河マグネシウムK.K.	小山市土塔560	41,062	—	274/5～8	274	3
18	〃	古河鉱業K.K.足尾製作所小山工場	小山市稲葉郷1,595	32,413	—	199/21	199	4
19	〃	古河電工K.K.小山工場	小山市土塔560	200,000	—	40 一社宅 50—工場	90	2
20	〃	小平産業K.K.	小山市稲葉郷					
21	〃	一徳酒造K.K.	小山市小山2,108	6,000	—	4～5	5	2
22	〃	日本製粉K.K.小山工場		8,194	—	105	105	1
23	佐野市	佐野市浄水場	佐野市堀米267		—	1,507/8	1,507	1 暗きょ
24	〃	蘇東興業K.K.佐野工場	佐野市堀米町1,728	15,058	—	1,000/7～8	1,000	2
25	足利市	足利浄水場	足利市本城3丁目2,145	25,575	—	11,100/24	11,000	1 暗きょ
26	〃	東洋ナイロン撚糸加工K.K.	足利市助戸1丁目680	13,200	—	2,800/20	2,800	5
27	〃	東興製紙K.K.	足利市勧農町264	6,500	—	6,000～7,000	6,000～7,000	5
28	〃	大日本紡績K.K.足利毛織工場	足利市今福町570	11,883	—	900	900	1
29	〃	東京繊維工業K.K.	足利市八幡町600	26,873	—	636	636	3
30	〃	興国化学工業K.K.	足利市借宿町668	16,000	—	384	384	1
31	〃	足利トリコット工業協同組合	足利市家富町225	2,700				
32	〃	K.K.小寅整染工所	足利市今福町622	6,100	—	1,680/12	1,680	3
33	〃	栃木整染K.K.	栃木県足利郡御厨町福居1,157	1,968	—	2,450/8	2,450	3

（33年7月現在）

第　2　表　　栃木県下の地下水利

地区名	工場および施設名	井戸番号	井戸名	竣井年度（T－大正）（S－昭和）	竣井側管孔径（in）	竣井深度（m）	ポンプおよび揚水動力の大きさ	収水層深度（m）
宇都宮	宇都宮市浄水場戸祭配水池		今市町大谷川表流取水	T— 5			自然流下	
	〃　伏流水源		暗きょ伏流集水井	S—31			700m/mTP75HP 120HP	暗きょ埋管900m×900m/m 深度4.00～6.30
〃	日本専売公社宇都宮地方局	1	深井戸	S—25	10	33.3	5″BH20HP	8.50～21.5
〃	パインミシン製造K.K.	1	〃	S—19	10	85	4.5″AL25HP	
〃	県営総合グランド	1	〃	S—25	12	47	8″BH15HP	
		2	〃	S—25	12	30.3	8″BH15HP	
〃	富士重工業K.K.宇都宮製作所	1	〃	S—19	12	30.3	5″BH35HP	
		2	〃	S—19	12	30.3	4″BH15HP	
		3	浅井戸	S—32	1m	13.80	4″BH10HP	
		4	深井戸	S—28	12	22.80	3″BH10HP	
		5	浅井戸		1m	4.80	1.5″TP2HP	
	宇都宮製紙K.K.岩曽工場	1	深井戸	S—33	20	21.2	6″BH25HP	6～17
	高崎製紙K.K.日光工場		表流取水					
鹿沼市	鹿沼浄水場		暗きょ集水井	S—30	8m	7.5	2″V100HP×5台 5″TP30HP×1台 4″TP20HP×2台 5″TPディーゼルエンヂン30HP×1台	
〃	帝国製麻K.K.鹿沼工場	1	浅井戸		1.0m	3.5	4″TP25HP	
		2	〃		1.5m	3.5	3″TP30HP	
		3	〃		0.8m	5.0	3″V51HP	
		4	〃		1.2m	6.5	4″TP25HP	
		5	〃		1.2m	4.5	6″V10HP	
〃	国産製麻K.K.鹿沼工場	1	〃	S—12	0.80m	4	1.5″TP1HP	
		2	〃			17	1.5″TP1HP	
栃木市	K.K.日立製作所栃木工場	1	浅井戸	S—19	手掘	10～12	4″V3HP	
		2	〃				4″V5HP	
		3	〃				4″V7.5HP	
		4	〃				4″V7.5HP	
〃	益子食品K.K.	1	浅井戸		1×1.2	9.80	3″V2.5HP	
		2	〃		1×1.2	6.90	3″V5HP	
		3	〃	S—33	1.2m	12.20	3″V5HP	
〃	日新鋳鋼K.K.栃木工場	1	浅井戸		1.50m	3.5～4	2.5V3HP	
〃	栃木化成K.K.	1	〃	S—24	6	12	3″TP3HP	
		2	〃	S—24	6	12	3″TP3HP	
	協和醗酵K.K.	1	〃			13.2	4″TP20HP	
小山市	小西六写真工業K.K.小山工場	1	深井戸	S—10	10	127	4″V5HP 3″V3HP 2″V2HP	80.2～85.3 94.7～97.2 101～111 115.1～120.9 123～126

用　工　場　な　ど　の　現　況

調査当時の自然水位／揚水水位 (m)	揚水量 (m³/h)	使用時間	井戸水比抵抗 (Ω−cm)	水温 (°C)	主要製品	用途	備考
		24	12,700	14.4		上水	
	250	11.5	8,500	19.5		上水	
6.50/7.50	52	9.4	11,000	16.3	紙巻たばこ		ポンプ故障時のみ市上水道を使用
10/16	20	12	12,000	15.2	家庭用ミシン	洗浄・冷却	
3/			14,000	16		雑用水	
3/			14,500	16.8			揚水位低下しポンプはエヤを吸う
4.70/19.80	112	5			客車	洗浄	
					航空機	冷却	
4.70/19.80	37.8	5	5,800			温湿度調整	
4.70/10.7	37.5	5					
4.70/15.2	22.5	6	6,000				
4.70/17.7	5	6					5号井は飲料用に使用
3/5.90	150	24	11,000	17.2	板紙	洗浄用	
					パルプ	原料洗浄	御用川より揚水しているが調査時渇水のため休止
					厚紙	冷却雑用水	
/4.5〜5.0		24	11,500	16.3		上水	暗きょ集水埋管　52m×900m/m 配水池20m×13m （有効貯水量670m³） 給水人口 8,100人
1.5/1.3	75	13	10,300	19.5	亜麻糸	温湿度調整	
1.4/1.2	30	3				洗浄雑用水	
1.7/1.5	36	2	10,300	19.5			
1.8/1.5	68	12					
1.5/1.3	120	12					
			11,500	16.2	ロープ用麻糸	雑用水	
2〜3/		10	9,000	16.8	冷蔵庫	洗浄・冷却	工場内にその他浅井戸約20本（孔径2〜3吋ヒウガルポンプ2〜3HP） 配水池 150m³…1，　70m³…1 配水池への送水施設的段タービン　20HP—1台　15HP—1台　30HP—1台
		10			冷凍機	温湿度調整	
		10	9,000	16.8			
		10					
3/4	23	24	5,500	17	澱粉	洗浄	原料しこみ時最大使用量　1,260m³/day 貯水タンク　180m³—1基　90m³—1基
					味噌	冷却	
2m/2.50m		24	10,500	17.5	銑鉄	冷却	電気炉2基の冷却水
		16	14,000		活性炭	冷却洗浄	（2号井休止）
7m/					清酒合成酒	洗浄	昭和33年10月より休業，土浦に移転
自噴/	29〜38	8〜16	15,000	16.5	写真用乾板	洗浄 冷却 温湿度調整	自噴量 1,260m³/day

地区名	工場および施設名	井戸番号	井戸名	繋井年度（T－大正）（S－昭和）	繋井側管孔径（in）	繋井深度（m）	ポンプおよび揚水動力の大きさ	収水層深度（m）
小山市	小西六写真工業K. K. 小山工場	2	深井戸			36		
〃	森永製菓K. K. 小山工場	1	〃	S—27	14	108	6″B H20HP	26～29 32～35. 8 41～48. 5 83. 2～89. 2 98. 6～104. 2
〃	昭栄製糸K. K. 小山工場	1	〃	S—27	6	121	2. 5″B H10HP	87. 8～90. 7 93. 6～100 107. 5～115
〃	古河マグネシウムK. K.	1	〃	S—32	8	106	3″S P7. 5HP	
〃		2	〃	S—32	8	70	5. 5″P P5HP	
		3	浅井戸	S—32	1 m		4″P P3HP	
〃	古河鉱業K. K. 足尾製作所小山工場	1	〃		1. 82m	6. 8	3″T P10HP	
		2	〃		0. 70m	10. 6	2″P P2HP	
		3	〃		0. 70m	10. 6	1. 5″手動	
		4	〃		0. 70m	12. 2	3″B H3HP	
〃	古河電工K. K. 小山工場	1	深井戸	S—19	12	100	6″B H30HP	
		2	〃	S—19	10	91	4″S P10HP	
〃	小平産業K. K.	1	浅井戸					
		2	〃				1. 5″T P1HP	
		3	〃				1. 5″T P1HP	
		4	〃					
		5	〃					
		6	〃		1 m	18. 3	4″P P3HP	
		7	〃		1 m	5. 2	1. 5″T P1HP	
〃	一徳酒造K. K.	1	〃	T—3	2. 50m	7	1. 5″T P2HP	
		2	〃		2. 00m	7	1. 5″T P15HP	
〃	日本製粉K. K. 小山工場	1	〃		2 m	6	3″T P10HP	
		2	〃		1. 5m	6	2″T P2HP	
佐野市	佐野市浄水場		暗きょ集水井	S—31			175m/m T P50HP（2台）	
〃	蘇東興業K. K. 佐野工場	1	深井戸	S—28	12	45. 4	5″T P15HP	11～20　21～24
		2	〃	S—29	12	24	5″T P15HP	13～19　20～25
足利市	足利浄水場		暗きょ集水井		2. 5m × 2. 7m	9	180m/m T P50HP（4台） 200m/m V75HP（1台）	
〃	東洋ナイロン撚糸加工K. K. 足利工場	1	深井戸	S—29	10	60. 6	3″B H10HP	28. 6～32
		2	〃	S—31	14	90. 8	6″B H50HP	8. 8～13. 5 18. 2～22. 2 72. 5～81. 0
		3	〃	S—29	12	30. 3	5″B H15HP	
		4	〃	S—32	14	91. 7	6″B H50HP	10. 5～15　21～25 28. 6～32 48. 8～53. 1 71～80

調査当時の自然水位／揚水水位 (m)	揚水量 (m³/h)	使用時間	井戸水比抵抗 (Ω-cm)	水温 (°C)	主要製品	用途	備考
			10,500	17.5			冷凍機　20HP×1台 10HP×1
12/16.60	60	9.5	10,500		キャラメル キャンデー	冷却 温湿度調整	冷凍機15HP×3台，10HP×3台 7.5HP×2台 曝気装置1基，沪水装置2基
1.5/13.5	20	16～20	12,000	16.0	生糸	原料・汽罐	
3.8/10.50	27	8	11,500	16.3	マグネシウム地金	冷却 飲料	重油炉 12基
	6.6	5	9,000	17.3		温湿度調整	循環水ポンプ施設，8吋渦巻ポンプ40IP 重油炉 12基 貯水池（貯水量 4,000m³） 3号井は飲料用に使用
2m/	5.0	5	13,500				
2.7/7	30	6.9	11,000	18	鉱山機械	冷却 雑用水	1号井は社宅の飲料および雑用に使用
1.21	2	10	12,000	17			
1.21	3.6	1					
3/9.70	29	4	11,000				
10/30	30	2	10,500		鋳物	冷却	
6/			11,500				2号井は社宅200戸の飲料水に使用
2.50/					トラックボデー	洗浄 雑用水	休井（1号）
5/		2	8,000	17			
							休井（3号） 休井（4号） 休井（5号）
		6	12,000 4,000	17			
4.5/6		5～6	3,400	16.7	日本酒	洗浄 原料	原料用　20% 洗浄用　80%
4.5/6		5～6	3,400	16.0			用水不足のため井戸を計画中
1.5/	21	5			麦粉	洗浄 飲料	
21	3	2					
	200	8.5	7,000	18.5		上水	暗きよ集水埋管120m×800m/m（1本）　埋没管深度4.50m 給水人口（昭3年7月現在）10,000人 配水池　1
3.70/5.80	60	7～8	5,700	17.4	毛織物	洗浄	ダリヤイオン軟化装置　2基
3.70/5.80	80	7～8	5,700	17.4		汽罐	洗浄用水 900m³ 使用
2.50/5.0	200～800	24	6,800	17.5		上水	暗きよ集水埋管 φ750m/m×236m 埋没管深度　4～6m 給水人口　54,000人 急速沪過池（休止）1 配水池　1
		24	3,300	16.0	ウーリーナイロン	温湿度調整	
2.5/6.2	115	24	3,900	16.0		汽罐	
	75.6	休井	—				
2.5/7.8	150	休井	3,900	16.5			ポンプ揚水動力は60サイクル用使用

地区名	工場および施設名	井戸番号	井戸名	鑿井年度（T－大正）（S－昭和）	鑿井側管孔径（in）	鑿井深度（m）	ポンプおよび揚水動力の大きさ	収水層深度（m）
足利市	東洋ナイロン撚糸加工K. K. 足利工場	5	深井戸	S—31	14	92.0	8″BH60HP	30.7～35.1
〃	東興製紙K. K.	1	〃	S—31	12	85.0	8″V30HP	
		2	浅井戸		12	9.0	6″V15HP 6″V35HP	
		3	〃			6.0	5″V10HP	
		4	〃			6.0	3″V	
〃	大日本紡績K. K. 足利毛織工場	1	〃		1.65m	6.5	4″TP10HP 3″TP7.5HP 2″TP7.5HP 2″TP5HP	
〃	東京繊維工業K. K.	1	深井戸		12	25	5″BH15HP	
		2	浅井戸		1.5m	3.5	3″PP5HP	
		3	〃		4m×11m	3.3	4″TP15HP	
〃	興国化学工業K. K.	1	〃	S—31	1.80m	3.50	4″V10HP	
〃	足利トリコット工業協同組合	1	〃	S—27	0.90m	7.5	6″V15HP	
		2	〃	S—32	1.80m	5.5	4″V7.5HP 3″V7.5HP	
		3	〃	S—32		5.5		
〃	K. K. 小寅整染工所	1	〃		1.50	5.50	3″V5HP	
		2	〃		0.80	6.00	3″V5HP	
		3	〃		1.80	5.50	4″V10HP	
〃	栃木整染K. K.	1	〃	S—18		3.5	3″V5HP	
		2	〃				3″V3HP 4″V7.5HP	
		3	〃			3.8	8″V15HP 3″V5HP	

註） BH：ボアーホールポンプ，TP：タービンポンプ，SP：水中ポンプ，AL：コンプレッサーポンプ，V：渦巻ポンプ

く分布し，その一部は安山岩および集塊岩によつて覆われている。また古生層中には石灰岩および苦灰岩を挟み，葛生町付近において採掘されて工業用に供せられている。

4. 水利用の現況

調査地域内における地下水および河川の工業用水取得量は，第1表に示す通りであるが，調査対象35カ所の実地調査結果によれば，深度5～10mまでの自由面井戸依存工場が17カ所，収水深度50m前後までの自由面・被圧面両種の地下水利用工場が6カ所，さく井深度100m前後の被圧面井戸依存工場が7カ所，表流水を取水しているものが2カ所，暗きよ埋管によつて伏流を集水しているものが4カ所となつている。なおこのうち暗きよ埋管によつて伏流水を利用しているものには，宇都宮・鹿沼・佐野・足利各市の上水道水源用の浄水場がある。直接表流水に依存して揚水しているものに，高崎製紙K. K.，宇都宮市上水道水および今市市浄水場がある。

調査地域全体からみた地下水依存の割合は，自由面井戸利用の工場が全体の約50%，被圧面井戸利用工場が35%，河川の表流と暗きよから収水しているものが15%となつている。また調査地域内全般における用水総取得量は次に示す通りである。

総取得量	河水取得量	地下水取得量	（井戸総本数）
124,732	66,800	57,932	（66本）

（単位 m^3/day）

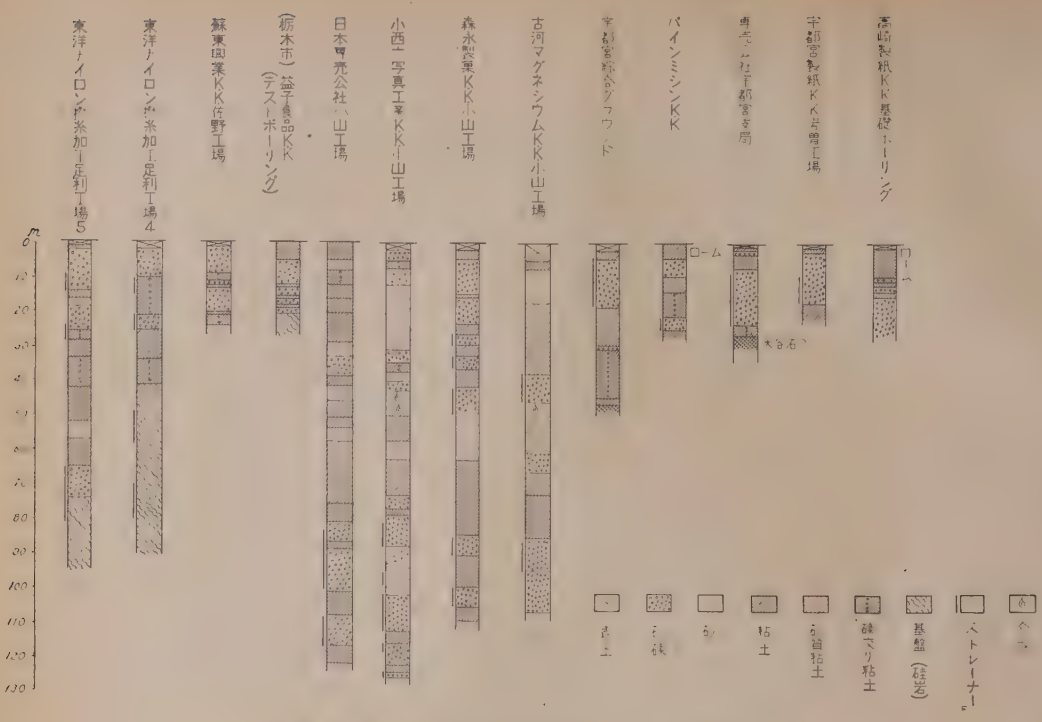
このほか調査未了の工場分をも考慮すると，用水総取得量はおそらく150,000m^3/dayを上廻るものと推定される。

調査当時の自然水位／揚水水位 (m)	揚水量 (m³/h)	使用時間	井戸水比抵抗 (Ω-cm)	水温 (°C)	主要製品	用途	備考
2/12.4	108	24	3,150	16.3			
4.0/7.0	38	24	6,500	16.5	新聞用紙	洗浄雑用水	沙紙機2基
		24	4,500	16.7			袋川に排水
		24	4,500	16.7			
4.70/6	60	16	5,800	17.3	毛織物	洗浄 汽罐	
1.5/	60	10	7,500	17	毛織物	洗浄 温湿度調整	(800坪)
/2m	6	6				汽罐	
	60					雑用水	3号は湧水池
1.5/2～3.5	96	4	6,500	17.3	ビニール製品	冷却	貯水池 10m×20m 深さ 4m 貯水槽 (100m³)
/7.20		12			トリコット	洗浄 汽罐	
/5.4		12	6,700	14.5			
							(3号井 休止)
2.4/	60	12			メリヤス繊維織物	洗浄 汽罐	イオン交換軟水装置1基
3.6/	30	12					
1.5/	60	10					
1.8/		8			綿化繊整理加工	洗浄 汽罐	
2/		2～3					
3/		2～3					

1) 宇都宮市においては工場で利用している井戸が概して浅いうえに，深いところにも良好な帯水層が乏しく，また基盤の凝灰岩が地下浅く現われるため，多量の地下水を求めることは一般に困難であり，収水深度20～30mの地下水がもつぱら揚水されている。この結果宇都宮市付近ではその郊外に水源を求めて新しい工場が建設され始めている。すなわち御用川流域においては，表流を利用する高崎製紙K. K. と自由面井戸を揚水する宇都宮製紙K. K. とがある。そのほか山田川左岸には暗きよ埋管によつて伏流を集水している宇都宮市上水道水源井がある。なお高崎製紙K. K. の表流水取得量は，50,000m³/dayで，取得水量に関する限り県下最大規模のものであるが，調査当時は異常な渇水に見舞われて，御用川の表流水は大部分が農業用水として取水されてしまう結果，工場用水の供給は全く停止して操業不能に陥つていた。これは農業用水の余剰水を使用するところに原因がある。この対策としては会社専用の工業用水源を求めることが是非とも必要となろう。

2) 小山市周辺では収水深度100m台の被圧面地下水が工業用水として使用されている。この地域においては，深度 80～110m付近に良好な砂礫質の帯水層が数枚あり，水比抵抗値 10,000～15,000 Ω-cm台のきわめて良質な地下水が利用されている。さく井資料によれば井戸深度はほとんど120mどまりで，まだ古生層の基盤には達していない。しかもこれら100m前後の被圧面井戸の分布は，小山市一円に限られており，小西六写真工業K. K.・昭栄製糸K. K.・森永製菓K. K. など小山市内所在の工場用井戸群は，栃木県下の既設井に関する限り最も深いものとなつている。

3) 足利市には東洋ナイロン撚糸加工K. K.・東興製



第 3 図　栃木県工業用井戸さく井地層図

紙K. K.・興国化学工業K. K.などの工場がある。これらの工場用井戸は概して深度は浅く，おもに渡良瀬川の伏流を揚水している。その水比抵抗値は 4,500～6,000 Ω-cm 台を示し，渡良瀬川左岸より右岸の方が比較的高い値となつており，同時に地下水の量も豊富である。

これらの工場用井戸は深度3～7 m位の自由面井戸であるが，このうち東洋ナイロン撚糸加工K. K.のみは深度60～90mの深井戸が5本掘られている。しかしそのさく井資料によると帯水層の収水深度は，おもに 10～25mの間にあり，5号井の65～74m間の砂礫層1枚を除けば30m以深は古生層の基盤岩中であるため，ほとんど利用の対象になるような帯水層はみあたらない。この結果そこでは過剰揚水による水位低下や水質悪化などの影響が極端に現われている。

5. 地 下 水 理

5.1 鬼怒川右岸流域の自由面地下水

鬼怒川本流から分岐している西鬼怒川および御用川の表流は，その下流において農業用水として広く利用されている。これらの表流水は次第に浸透して地下水に転化し，南に向かつてひろがつて行くものと考えられる。この用水路沿いにおいて測定した自由面地下水の水比抵抗値は，9,000～14,000Ω-cm を示している。

宇都宮市の東方に南北に横たわる洪積台地は，北は御幸原町から平出町・上三川町付近を結んで南下し，細長く続いている。これらの台地はローム層に覆われており，その頂部は平坦で，畑またはかん木林となつているが，ところどころにおう地があり，その数カ所においては水比抵抗 13,000～18,000Ω-cm という非常に高い値を示す湧水がみられる。こうした広範囲にひろがつている洪積台地は，地下水の部分的な涵養地帯になつているものと考えられる。

5.2 黒川・小倉川流域の自由面地下水

水比抵抗値測定結果によれば，小倉川・黒川の表流から供給される地下水は，小倉・金崎部落付近から伏没して自由面地下水に転じ，その水比抵抗値線は 21,000～8,000 Ω-cm の範囲で，順次南方下流に向かつて低い値に移行している。

5.3 被 圧 面 地 下 水

自噴性地下水は，小山市西方の思川流域と巴波川下流域の一帯にかけて広く分布し，その南端は渡良瀬川の遊水池に向かつて延びている。調査対象となつた自噴井は

第 4 図　鬼怒川右岸および思川流域の地下水理

約 25 本であつたが，このほか多数の掘抜井戸が一般民家の水源として利用されている。また工場用の井戸で自噴しているものには，小山市の小西六写真工業K. K. がある。同工場のさく井資料によれば，深度 80～87m, 100～110m の間に砂礫質の帯水層がある。一般民家におけるさく井記録はほとんど入手できなかつたが，自噴井掘さく深度は自噴帯の北部で約 30m，南部で 120m 前後と推定される。

自噴井の水比抵抗測定値はその深度によつても異なるが，10,000Ω-cm から最高 20,000Ω-cm 台を示している。とくに美田村（旧穂積村）石の上および間中両部落における水比抵抗は 22,000Ω-cm の非常に高い値が測定された。自噴高もさく井深度によつて一様でなく，最高 0.70m 位のものから，かろうじて地上に湧出しているものまでさまざまであるが，さく井深度は南に行くに従つて深くなる傾向にあり，自噴帯の南部においては深度 55m 以上掘進しなければ自噴しない。なお一般民家において最も深く掘さくされている自噴井は 127m であつた。

6. 電気探査による地下地質

被圧面地下水の容水基盤深度を推定するため，小山市西側の自噴地帯において東西方向の電気探査1測線を実施した（第5図参照）。

6測点のうち東側の測点 No. 1 および No. 2 は 100,000Ω-cm 台の非常に高い層比抵抗を示し，中央部の測点 No. 3 および No. 4 は 10,000～20,000Ω-cm を示している。また西側の No. 5 および No. 6 は地下浅層部で 15,000～60,000Ω-cm を示し，深部に向かつて次第に低くなりながら不規則な変化を示している。

解析結果から想定される不透水層到達深度は，東側の測点 No. 1 で 110m，No. 2 では 94m，No. 3 および No. 4 では 68～78m，No. 5 および No. 6 では 32～40 m と推定され，基盤岩と考えられる古生層あるいは安山岩よう岩盤の表面勾配は，西から東に向かつて次第に深くなつて行くものと考えられる。なお測点 No. 1 に最も近い小西六写真工業K. K. のさく井資料では，深度 125 mまで掘進されているが，基盤には達していない。

7. 水質の地域的特徴

7.1 調査測点

分析試料は水資源の質的組成を表現するために，必要と思われる箇所を選び，できうる限り効果的に採水することに留意した。この結果，表流では鬼怒川本流地で5点，河川の伏流として4点，地下水は自由面井戸・被圧面井戸・湧水など 22 点を採水した（第6図）。

7.2 分析結果の検討

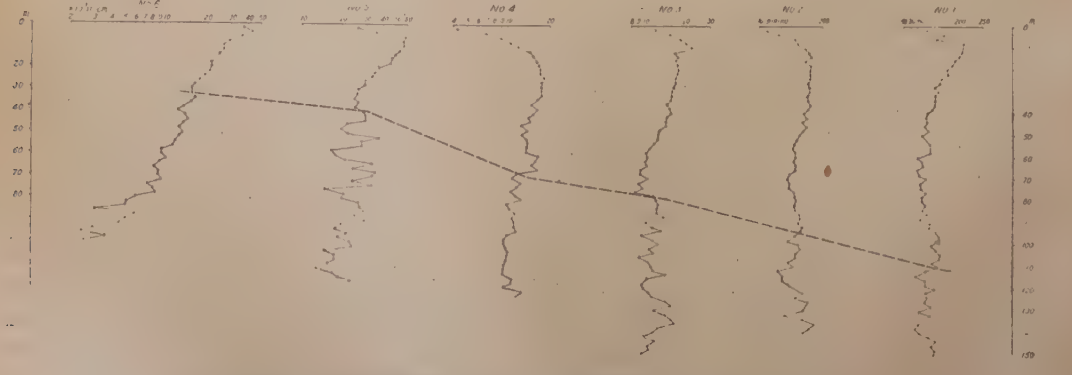
各河川の表流・地下水などの水質分析結果を第3表に示したが，これらを検討し，水質の地域的特徴および地下水の流動径路の推定に資した。

次に各地域における水質について述べる。

1) 宇都宮市および周辺地域 (No. 1～No. 9)

宇都宮市を含む鬼怒川右岸地域を比較的広範囲にわたつて調査した。水比抵抗（以下 ρw で表わす）の測点中から代表的と思われる箇所の水質分析を行ない，また第6図のローマ数字およびイロハの記号で示している測点について溶存酸素の分布を調べた。

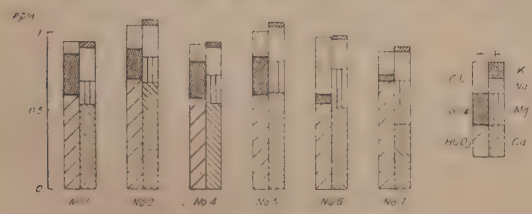
調査範囲内の帯水層は，ほゞ 30m より浅い部分に存在し，水質の化学的組成は鬼怒川本流とともに Carbonate hardness（炭酸硬度が溶存成分中の 50% 以上を占める）の性質を示している（第7図）。いずれも概して溶存成分量が少なく良水といえる。ρw の調査結果では No. 4, 5, 6, 7 を通りほゞ南北に連なつて帯状に ρw の高い値を示す地帯が存在し，No. 4 および No. 7 に湧水



第 5 図 栃木県小山市付近電気探査によつて得られた層比抵抗曲線の比較
（破線より上の部分は考えられる容水地盤，下の部分は同じく非容水地盤）

第 6 図　　栃木県における工業用水源地域調査水試料採取点

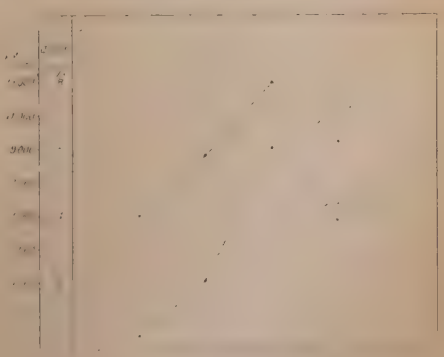
箇所がある。水質の化学成分のうえから，これら4測点を比較すると，No. 4 と No. 5 はほとんど同一組成の水質を示しているが，No. 6 および No. 7 の測点ではSO_4^{2-}が急激に減少し，Mg^{2+}/Ca^{2+}（当量比）が増加する（第7図）。すなわちその水質に明らかな相違が認められる。



第 7 図　　鬼怒川右岸地域の水質組成

このような現象は一般に自由面地下水か，被圧面地下水に変わるような水理地質的環境のもとではしばしばみられるのであるが，この場合も果して No. 4 および No. 5 と，No. 6 および No. 7 とが一連のものであるかどうか確認はできなかつた。

鬼怒川右岸の台地上の No. 4～No. 7 に，高い ρw 値を示す地帯があることは前述したが，この地帯を横切つて i～iv と，イ～オの各測点（第6図参照）について溶存酸素を調査した結果，第8図で示されるように ρw との関連が見受けられる。一般に地下水の溶存酸素量は，供給源から距たるにしたがつて低くなる傾向を示すものであるが，この場合鬼怒川に一番近い測点より，むしろ ρw 値の高い地帯に溶存酸素量の概して高い結果が現われている。したがつて本地域の台地上においては，鬼怒



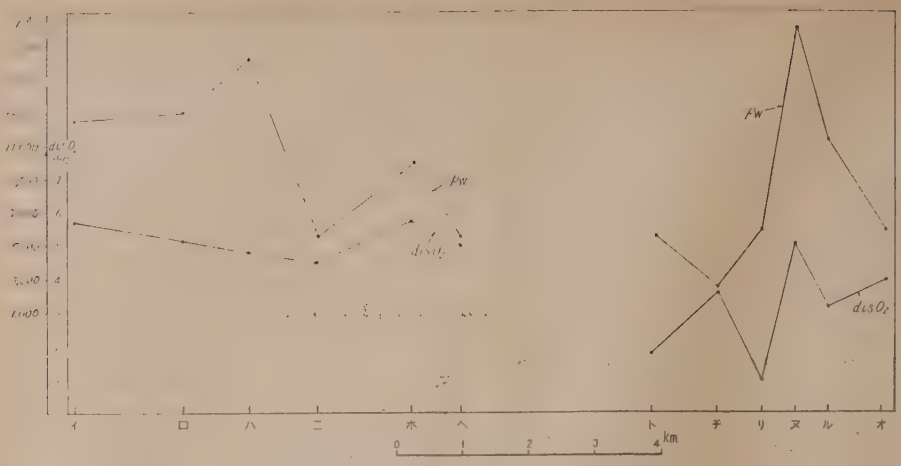
第8図 a　　水比抵抗との関係における溶存酸素の分布（i～iv）

第 3 表　栃 木 県 に お け る 工

No	試 料 採 取 地 点	深度およびストレーナ位置 (m)	Tw (°C)	pH	RpH	Dis. O_2 (cc/l)	Free CO_2 (ppm)
1	宇都宮市上水道配水池着水井大川引水		14.4	7.2	7.3		1.5
2	鬼怒川　鬼怒川橋下	表　流	25.9	7.4	7.5		1.0
3	宇都宮市上水道豊郷村水源	伏　流	19.5	6.1	6.6		19.5
4	奈坪川湧水源	湧　水	16.0	6.2	6.5	6.05	16.8
5	宇都宮製紙K. K. 岩曽工場 2 号井	21. 20 5～17	17.7	6.1	6.5	4.10	13.0
6	パインミシン製造K. K.	30.3	15.2	6.7	6.9		4.2
7	西蓼沼湧水源	湧　水	17.0	6.6	6.8		5.9
8	日本専売公社宇都宮地方局	30.3	16.3	6.3	6.7		18.1
9	富士重工業K. K.　3 号井	13.6	16.4	6.4	6.6		12.5
10	黒川（後河原）	表　流	22.5	6.8	6.9		2.5
11	鹿沼市上水道水源	伏　流	19.5	6.1	6.7		18.5
12	帝国製麻K. K. 鹿沼工場 4 号井	6.5	19.7	6.3	6.5	4.51	18.2
13	国産製麻K. K.　〃　〃	浅井戸，深度不明	16.2	6.0	6.4	4.30	23.0
14	小倉川　小倉橋下	表　流	19.5	6.6	6.8		3.3
15	栃木化成K. K.	12	16.2	6.0	6.4	7.13	16.0
16	日新鋳鋼K. K.	4	18.1	6.4	6.9		12.8
17	益子食品K. K.	9.8	16.1	5.9	6.2	2.47	42.0
18	K. K. 日立製作所栃木工場	10～12	16.8	6.5	6.9	1.80	12.5
19	古河マグネシウムK. K.	106	16.1	7.4	7.5		2.0
20	古河鉱業K. K. 足尾製作所小山工場	6.8	15.6	7.0	7.2	0.08	5.5
21	昭栄製糸K. K.	121 87.8～90.7 93.6～100 107.5～115	17.3	7.2	7.3	2.64	2.2
22	小西六写真工業K. K. 小山工場	127 80.5～87 95～97.5 101～110.5 115～120 123～126	17.1	7.1	7.2	4.97	2.0
23	森永製菓K. K. 小山工場	108 26～29 32～35.8 41～48.5 83.2～89 98.6～104.2	17.0	7.1	7.4	1.52	4.1
24	間中自噴井		17.0	6.6	7.1		5.5
25	佐野市上水道水源	秋山川伏流	21.3	7.1	7.4		3.3
26	蘇東興業K. K. 佐野工場 2 号井	13～19　20～25	21.7	6.4	6.9	3.28	18.3
27	渡良瀬川　足利市	表　流	23.0	6.9	7.0		2.5
28	足利市上水道水源	渡良瀬川伏流	19.9	6.4	6.8		17.3
29	栃木整染K. K. 3 号井	浅 井 戸	17.3	6.3	6.7	3.16	20.0
30	東興製紙K. K. 1 号井	9	15.7	6.4	6.8	1.64	23.8
31	東洋ナイロン撚糸加工K.K.足利工場5号井	92　30.6～35.2	16.9	6.9	7.1	1.29	18.5

業用水源水質分析結果

HCO_3^- (ppm)	Cl^- (ppm)	NO_2^- (ppm)	SO_4^{2-} (ppm)	NH_4^+ (ppm)	K^+ (ppm)	Na^+ (ppm)	Fe^{2+} (ppm)	Fe^{3+} (ppm)	Ca^{2+} (ppm)	Mg^{2+} (ppm)	Total Hardness (ドイツ)	Total SiO_2 (ppm)	$KMnO_4$ cons. (ppm)	P (ppm)
36.6	2.8	0.00	12.3	0.0	1.6	4.7	0.00	tr.	10.9	1.8	1.94	30.0	2.6	0.02
42.7	5.3	0.01	9	0.1	1.3	5.0	0.00	0.02	13.6	2.0	2.37	25.0	5.7	0.00
32.6	7.0	0.01	25.2	0.0	1.6	5.0	0.00	0.03	15.4	2.9	2.82	26.7	0.4	0.01
35.1	4.0	0.00	11.2	0.2	1.2	4.2	0.00	tr.	11.0	2.1	2.02	30.6	4.8	0.00
36.6	5.8	0.00	11.5	0.1	1.2	5.1	0.01	0.02	12.2	2.4	2.26	28.4	2.8	0.01
33.6	13.1	0.00	2	0.0	0.9	4.4	0.00	tr.	10.2	3.1	2.14	31.0	2.7	0.00
41.2	5.2	0.00	2	0.0	1.0	4.1	0.00	0.02	8.3	3.4	1.95	29.5	2.6	0.02
47.3	4.4	0.00	7	tr.	1.5	7.5	0.00	0.01	14.2	0.8	2.17	34.0	2.3	0.00
44.2	22.0	0.01	17.3	0.0	1.7	9.8	0.05	0.00	18.6	3.8	3.49	28.8	1.8	0.00
22.0	2.7	0.00	7	0.0	1.0	3.0	0.00	0.01	7.7	1.2	1.36	16.7	5.0	tr.
35.7	5.5	0.00	8	0.0	1.3	4.4	0.00	0.01	13.2	1.1	2.09	14.3	2.1	0.00
41.8	5.2	0.00	11	tr.	1.5	4.8	0.00	tr.	14.1	1.8	2.39	18.8	1.3	0.01
32.3	8.4	0.00	8	0.0	1.7	4.7	tr.	0.02	12.1	1.4	2.02	15.7	0.8	0.01
19.5	1.3	0.00	5	0.0	0.9	2.0	0.00	tr.	6.0	1.1	1.10	13.2	2.0	0.04
27.5	4.0	0.00	11	0.1	1.0	2.7	0.00	0.04	10.2	2.0	1.87	11.0	2.7	0.00
33.6	19.0	0.04	19.3	0.2	2.0	7.1	0.00	0.02	20.4	4.1	3.80	17.7	4.6	0.00
45.8	31.1	0.00	9.5	tr.	2.8	13.6	0.00	0.01	14.8	6.4	3.54	19.2	1.6	0.00
57.0	5.5	0.00	5	0.0	0.8	5.5	0.00	0.00	9.1	6.2	2.69	35.0	8.5	0.03
53.3	3.6	0.03	3	0.0	1.2	4.1	0.05	0.02	10.7	3.8	2.37	44.5	3.5	0.13
61.0	1.6	0.00	3	0.4	1.6	5.3	1.06	0.08	10.2	3.4	2.22	61.0	14.9	0.17
48.8	1.6	0.00	2	tr.	0.9	4.3	0.00	0.02	8.4	2.9	1.85	37.4	0.9	0.10
35.4	1.6	0.00	3	0.0	0.5	5.0	0.00	tr.	6.0	1.8	1.26	30.3	3.3	0.07
68.5	3.0	0.27	3	0.5	1.4	5.6	0.73	0.12	12.3	3.9	2.63	46.3	5.5	0.15
25.0	1.1	0.01	3	0.3	0.7	3.9	0.00	0.02	4.8	1.0	0.89	29.8	6.1	0.04
73.2	6.7	0.00	16.5	0.0	1.2	3.4	0.00	0.02	26.3	4.6	4.74	17.2	4.7	0.02
56.4	7.2	0.00	28.0	0.0	1.4	3.5	0.00	0.02	24.6	4.7	4.53	17.6	2.1	0.01
20.8	3.8	0.01	23.0	0.6	1.5	3.4	0.00	0.03	12.5	2.2	2.26	18.5	4.8	0.01
51.8	12.5	0.00	34.1	0.0	2.0	7.1	0.00	tr.	24.3	4.8	4.50	26.6	2.3	0.01
51.2	9.2	0.00	38.4	0.0	2.0	6.9	0.00	0.00	27.2	4.7	4.89	30.0	5.7	0.01
88.5	19.2	0.00	38.0	0.0	6.4	17.9	0.03	0.01	28.3	8.2	5.85	32.5	5.4	0.06
147.3	18.5	多量	36.4	0.0	2.6	19.8	2.15	0.00	32.2	12.6	7.40	50.0	18.5	0.18

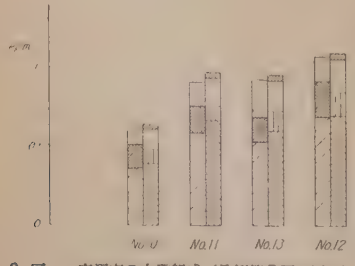


第 8 図 b　地理的距離および水比抵抗との関係における溶存酸素の分布 (イ～オ)

川表流の直接の影響はあまり考えられない。

2) 鹿沼市

黒川流域に存在するこの市街地は，東西に丘陵地を控え，地下水には黒川の影響が認められる。調査した結果では，No. 10 の伏流水以外の地下水は深度 5～6 m の自由面井戸が多く，No. 11 および No. 12 もその例にもれない。水質組成は Carbonate hardness の区分に属する (第 9 図)。第 9 図は鹿沼市の測点の各成分の溶存量を当量で表わした図であるが，自由面井戸と伏流との間にほとんど水質の相違が認められず，地下水は黒川の伏没水として存在していると考えられ，一般に水質的にはすぐれている。



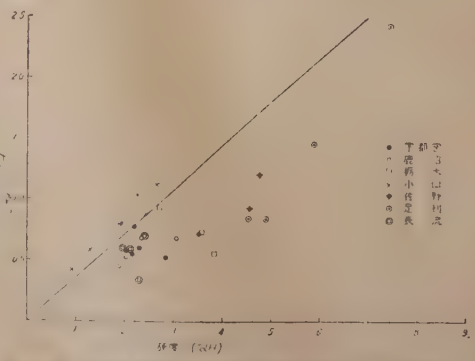
第 9 図　鹿沼市の水質組成 (凡例第 7 図に同じ)

3) 栃木市 (No. 14～No. 18)

小倉川は鹿沼・栃木両市の間を北西より南東に流下している。この間栃木市の北方にあたる No. 10 の測点付近より下流にかけて表流が伏没し，水無川の状態を示すが，この地域の ρw 測定結果では小倉川右岸地域 (栃木市を含む) がおゝむね 10,000Ω-cm 以上の値を示し，伏没水の影響が考えられる。栃木市での測点は深度 10 m 前後の自由面井戸であるが，No. 15 の溶存酸素は 7.13 cc/l ほどで飽和に近い値が示されていることから，比較的浅い部分に透水度の高い帯水層の存在が考えられる。水質の化学的組成は Carbonate hardness を示し，溶存成分量の少ない水である。なお No. 17 はいわゆる小倉川水系と異なつた水質組成を示し，Cl^- と硬度の多い (永久硬度のかたち) 水質を示している。

4) 小山市 (No. 19～No. 24)

小山市では深度 100m 前後の被圧面井戸 4 点，自由面井戸 1 点，掘抜井戸 1 点を採水したが，この地域の水質は溶存成分中の重炭酸の占める割合が多く，硬度と重炭酸の関係でも，重炭酸の当量は硬度の当量より大きい結果が示される点 (第 11 図参照) が他地域の水質と相違している。



第 10 図　栃木県における水試料の硬度と HCO_3 との関係

またこの地域における各測点の水質をさく井資料を参考として検討した結果，第 4 表に示されるように深度によつて溶存酸素と鉄分に相違があることがわかつた。

すなわち深度 80m 以上の帯水層は鉄分が少なく，Fe^{3+} の形で 0.02ppm 程度で，溶存酸素が 2.64～4.97 cc/l であるのに，自由面井戸あるいは被圧面井戸でも，

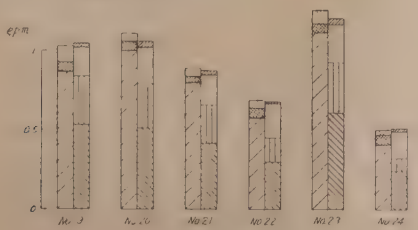
第 4 表　小山市付近地下水の水質

	No	深度 (m)	ストレーナー (m)	dis O_2 (cc/l)	Fe^{2+} (ppm)	Fe^{3+} (ppm)
浅	20	6.8	—	0.08	1.06	0.08
深	23	108	26～29　83.2～89.2 32～35.8　98.6～104.2 41～48.5	1.52	0.73	0.12
〃	21	121	87.8～90.7 93.6～100 107.5～115	2.64	0.00	0.02
〃	22	127	80.5～87　115～120 95.0～97.5　123～126 101～110.5	4.97	0.00	tr.

25～50m 付近の帯水層の水は溶存酸素が少なく，0.08～1.52cc/l を示し，鉄分は Fe^{2+} の形で 1ppm 前後存在する。

したがつて以上のことから，小山市においては比較的浅い帯水層より 80m 以深の帯水層に良質の水が得られ，溶存酸素の結果からむしろ深い層の方が透水度が高いと想像される。No. 24 の測点は，小山市南西方の一連の自噴帯の一つであるが，表流を除いた全測点中もつとも溶存成分が少なく，溶存成分中の 91% は重炭酸塩のかたちの水質組成をもつている。

第 11 図は小山地域の測点の水質を図示したものであるが，この図から No. 19, No. 20, および No. 23 は比較的溶存成分が多く，No. 22 および No. 24 は少ないことがわかる。地域的には No. 19, No. 20 および No. 23 が思川左岸地域に属し，No. 22, および No. 24 が右岸地域に属しているが，この結果から思川右岸沿いに水質がよくなる傾向が推定できる。



第 11 図　小山市の水質組成 (凡例第 7 図に同じ)

5)　佐野市 (No. 25～No. 26)

佐野市の西側を流れる秋山川の伏流を 1 点と井戸 1 点を採水した。水温は 21.3°C および 21.7°C で比較的高く，気温の影響を受け易い條件が考えられる。2 点とも硬度が高く，溶存成分中の 90% が Ca, Mg の組成をもつていることから No. 26 も秋山川の浸透水と考えられる。

また佐野市内の田島・君田には，一連の深度 23.6～42m の自噴帯が存在し，この水質は No. 25 および No. 26 の ρw 6,000 に対して，ρw 10,000 前後の値を示す。水温も 16.4°C 前後で，これら一連の自噴帯の水は No. 25 および No. 26 とは全く異なつた帯水層のものと思われる。

6)　足利市 (No. 27～No. 31)

渡良瀬川の表流 1 点，伏流 1 点，自由面井戸 2 点，被圧面井戸 1 点を採水した。この地域の水質は key diagram では (Ca+Mg)　(Cl+SO_4) の多い (いわゆる永久硬度の形を示す)　noncarbonate hardness の区分に近いところにあたつている。No. 28 は渡良瀬川の伏流であるが，渡良瀬川の各成分の約 2 倍の値を示す。また No. 29 は渡良瀬川の旧河道の上に存在するといわれ，No. 28 の伏流とほとんど同じ水質を示している点などから，渡良瀬川の浸透水と考えられる。被圧面井戸としては 1 点のみの資料であるが，深い帯水層の水質は自由面井戸と比較した場合 SO_4^{2-}, Cl^- 以外の成分が非常に多く，鉄分は Fe^{2+} として 2.15ppm も含み，とくにほかの測点に検出されなかつた NO_2^- が，比色困難なほど多量に存在している。この地域の基盤は古生層であるが，その地質的環境による水質の悪化が考えられる。

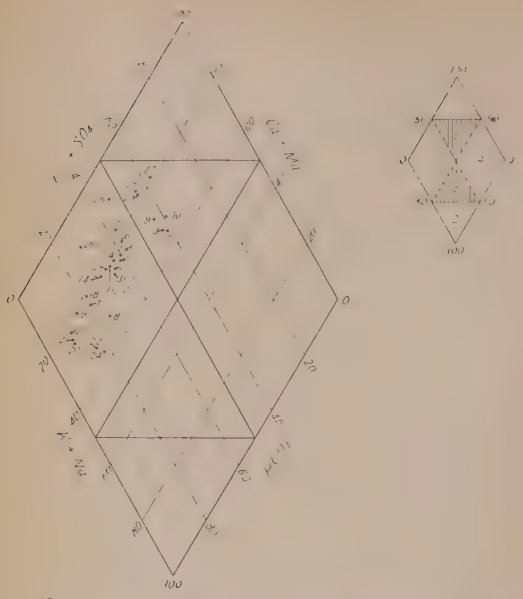
7.3　水質についての総括

1)　表流

渡良瀬川を除いた各河川の表流は，水質組成がよく似ており carbonate hardness の化学的性質を示しているが，渡良瀬川は SO_4^{2-} が多く，ほかの測点の SO^{2-}/HCO_3^- が 0.27～0.43 であるのに対して，1.40 と大きい。一般に SO_4^{2-}/HCO_3^- が大きくなる要因として，硫化鉱物，硫酸塩の出現区域，活火山地域が挙げられているが，渡良瀬川の上流に足尾銅山などの硫化鉱床があることがその直接原因と思われる。

2)　地下水

宇都宮・鹿沼・栃木各市では，それぞれ鬼怒川・黒川



第 12 図 栃木県における地表水および地下水の水質を示す key diagram
1. carbonate hardness (secondary alkalinity)
2. carbonate alkali (primary alkalinity)
3. noncarbonate hardness (secondary alkalinity)
4. noncarbonate alkali (primary salinity)
5. 以上に属さないもの

および小倉川などの水系と関係があるものとみなされる。化学的組成は表流と同様に3地域ともほゞ等しく水質的に恵まれている。小山市では上記の3地域と比較した場合，溶存成分中の HCO_3^- が多く，重酸塩として 80%以上となるが，やはり水質的に優れた水である。ただし深度 20～50m 以浅の帯水層中には鉄分が多い。また上記の3地域では SO_4^{2-} が 10ppm 以上の値を示す測点が多いが，小山市ではこれに較べて少なく 2～3 ppm である。佐野・足利両市は渡良瀬川の流域に位置し，ともに硬度成分が多いのが特徴である。佐野市では溶存成分中の 90% が Ca 塩および Mg 塩のかたちで存在する。他の地域の水質組成が大体 carbonate hardness すなわち炭酸硬度の性質で示されるのに対し，足利市のみは carbonate hardness の区分からはずれ，全溶存成分中の重炭酸塩として占める割合が 50% 以下となり，硬度成分が永久硬度のかたちをとるものと推定される。

8. 結　論

1) 鬼怒川沿岸の沖積地は，鬼怒川の伏流水によつて充分な地下水が供給されているが，沖積層がほとんど地表近くまで水に飽和されており，かつこの地帯には人家や水田が発達しているので，地上からの汚染を直接受け易い状態にある。したがつてこの地帯は水量はきわめて豊富であるが，水質的には良好といえない場合が多い。この傾向はとくに下流側に著しい。したがつて宇都宮近傍において多量の地下水を得るためには，なるべく下流側をさけて，宇都宮以北の鬼怒川と山田川との間に取水地点を選ぶことが望ましい。

2) 宇都宮以南の鬼怒川・田川・姿川などの沿岸沖積低地帯に挟まれたそれぞれの台地帯（たとえば東北本線沿線）における地下水は，それらの諸河川からの伏流によつて供給されている可能性は少なく，むしろ主として天水が直接その場に貯溜されているものとみられる。したがつてこれらの台地上においては，揚水量と洪積砂礫層中の貯溜量とを考慮して，大量揚水井の集中をさけることが必要である。また現在森林の多い区域の地下水は，水比抵抗値が高く溶存成分が少ないが，田畑や人家の密集している区域は局部的に著しく汚染されている傾向が看取されるので，将来これらの台地上にはできる限り広い緑地帯を保存させることが望ましい。緑地帯は単に地下水の量的涵養源となつているのでなく，水質の保全のうえにも重要な役割を果している。

3) 鹿沼市・壬生町・栃木市を結ぶ地域は，主として沖積地からなり，地下水は黒川・小倉川・永野川などの伏流によつて主として供給され，水質および水量とも良好な條件下にある。

4) 佐野市付近は秋山川，足利市付近は渡良瀬川によつてそれぞれかん養されている伏流の供給を受けている。足利市の場合，足尾銅山の影響をうける渡良瀬川の水質について充分の注意が肝要であることはいうまでもない。

5) 小山市西方の思川および巴波川沿岸の沖積低地帯には，豊富な自噴性被圧面地下水が賦存し，深度 80～110m の砂礫層中から良質の地下水が得られている。この地下水は調査地域全般の地形・地質的條件および水比抵抗・水質などを考え合わせて，巴波川や思川支流の小倉川などの伏流が深部に潜入し，被圧面地下水となつたものと推定されるが，この自噴帯が渡良瀬川遊水池に近いという地理的條件を注意すれば，この被圧面地下水は量質ともに優れているので，工業用水源としてきわめて有望である。（昭和33年7月調査）

文　献

1) 鈴木好一外2名：宇都宮市北方の宝木用水沿線の地下水，資源科学研究所月報，No. 22, 1951
2) 栃木県：首都圏整備計画関係資料（工業立地調査第1篇），1958
3) 立岩巌監修：30万分の1関東地方地質図および同説明書，1955

551.48/.49：550.84/.85(521.72)62

滋賀県湖東および湖南地域工業用水源調査報告

―― 淀川水系地域調査 第5報 ――

蔵田 延男* 村下 敏夫* 森 和雄* 武居 由之* 岸 和男*

Hydrogeological Investigation of the Ground Water on the Eastern and Southern Sides of Biwa Lake, Shiga Prefecture

by
Nobuo Kurata, Toshio Murashita, Kazuo Mori, Yoshiyuki Takei & Kazuo Kishi

Abstract

As one part of the regional investigation of industrial water resources in the Yodo river basin, the ground water survey in the three districts on the lakeside of Biwa was carried out, and the real condition of industrial water-supplies at 29 factories in this prefecture was investigated.

The pumpage at these factories is 184,000 cub. m, and 45 % of total pumpage is the lacustrine water, and 52 % is the ground water.

Generally, the streams in the lakeside plain dry up during the dry season, and so the surface water is insufficiency for utilization.

The wells tapping the aquifers in the diluvial sediments on the lakeside are mostly artesian wells, and the distribution of the artesian wells is in large.

The industrial wells with 100 m depth and 12 inches diameter have yields of about 1,200 to 1,500 cub. m. Especially the under flow in river bed is very profitable in quantity and quality, and so it is possible to construct the water-table wells having the pumpage of about 4,000 cub. m.

As one part of overall development project of Biwa lake, there is the water-level lowering planning of the lake, but it is necessary that its planning is considered carefully from a standpoint of integrity of the industrial water resources.

要 旨

1) 淀川水系工業用水源地域調査の一環として，滋賀県下の調査を行なつた。主要工場29の用水実測調査のほかに，姉川水系長浜地区，犬上川および芹川水系彦根地区，野洲川水系守山地区の地下水調査を行ない，今後の企業立地に参考となる結果を得た。

2) 29工場の用水取得量は，184,000 m³/day で，そのほかの分を加え，県内湖東および湖南地域の工業用水取得総量は200,000 m³/day 程度と推定される。184,000 m³/day のうち，湖水に依存する分 45%，地下水 52 %，その他となつている。

3) 河川水は渇水時水無河原となるうえ，慣行水利権との競合のため一般に利用されていない。地下水のうち，被圧面地下水は湖東から湖南にかけて広く分布する緩傾斜の洪積層中にあり，湖岸寄りでは自噴し，こうした自噴帯はかなりの面積を占めている。100 m 程度の深度で12吋級深井戸1本当り 1,200～1,500 m³/day 程度の揚水が可能であり，場所によるとさらに少しくそれを上廻つた水量が揚水できる。また河川敷地付近には伏流があり，良質で，ある程度まとまつた水量が得られるので，その適地を選べば 4,000 m³/day の揚水ができる自由面井戸を設けることは困難でない。

4) 琵琶湖総合開発に伴う湖面低下案に対しては，これら工業用水源保全の面から，充分慎重に検討，研究することが必要であろう。

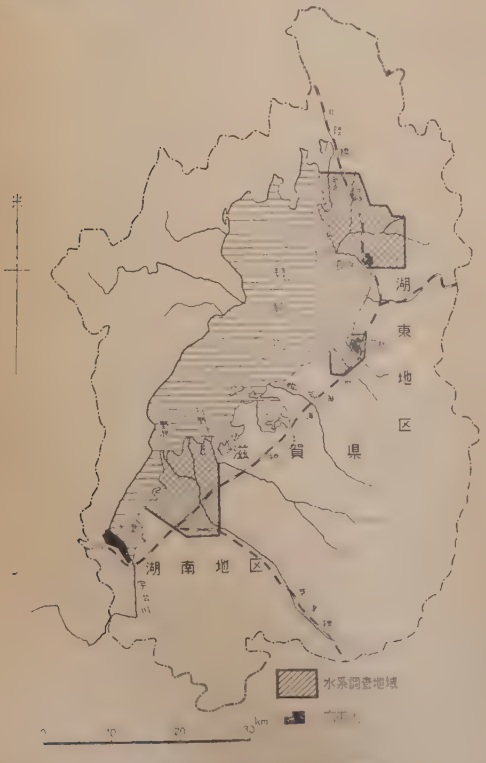
1. まえがき

その中央にわが国第一の水面積を有する琵琶湖をようし，約 70,000 hect の水田がつくられている滋賀県は，工業についても必ずしもおくれているわけではない。そ

* 地質部

のむかし琵琶湖の軟水利用によつて立地したスフ・人絹工業は，工業と用水の密接な関係を示す事例にしばしば引用されるほどだし，東洋レーヨン・ヤンマーディーゼル・三洋電機・近江絹糸紡績など，それぞれの業界の大会社が現にその主力工場，あるいは本社工場をこの地域内に有している。したがつて用水面からみれば，かんがい水利権との競合が，その問題点の一つにいつもあげられており，地下水利用もまた外部，とくに農業面への干渉を考慮して進められなければならない状態にある。一方淀川水系全体からこれをみれば，水利用は，阪神工業地帯のために専ら主点がおかれ，滋賀県はむしろ水供給県としての立場に立たされてしまつている。しかし工業の伸び，とくに用水型工場の増加を考えると，内陸工業地帯としての滋賀県湖南あるいは湖東地域の工業化は期してまつべきものがある。そうした観点から，この地域の工業用水源の実態を知り，今後の企業立地に際して用水の面から適切な誘導が行なえるよう，資料を調整しておくことがこの際必要と思われる。

全国にわたる工業用水源地域調査の一環として，淀川水系を調査していたが，その一部として，昭和33年度滋賀県下をとりあげて調査を行なつた。この報告はその調査結果の概要をとりまとめたものである。



第1図　滋賀県工業用水源調査範囲

2.　調査の規模その他

調査規模　B級地域調査（水文測量・化学分析および物理探査などを含まない）

調査期間　昭和33年8月14日～同31日および昭和34年2月1日～3日

調査内訳　1）長浜市から大津市に至る湖岸地帯の主要工場19の実測調査そのほか県内工場の用水調査票調査

2）姉川水系長浜地区，犬上川および芹川水系彦根地区および野洲川水系守山地区の地下水流動状態をおもにした水理地質調査

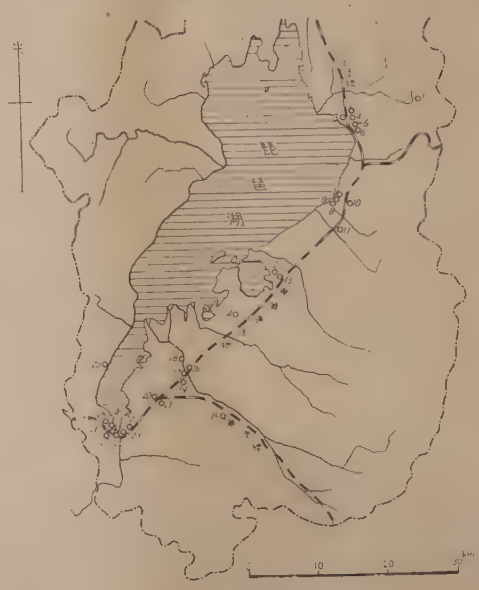
おもな調査実績

水露頭における水温・水比抵抗などの測定　350カ所

収集した工場用水調査票　29工場

収集したさく井地層図　24本

実地に巡検・調査した工場　19カ所



第2図

3.　湖東および湖南地域全体の水理環境

琵琶湖は水面積674.8 km²，県全面積の1/6を占めている。深度最大96 m，その水容積は272億 m³ に達する。

湖北および湖西には南北方向の断層があり，これらに挟まれて西に深く陥没した凹地に，鮮新世後半から洪積世前半にかけて古琵琶湖層が堆積し，さらにその上位に

新期洪積層および沖積層が東から西に向かって厚く堆積して，現在の湖底ならびに湖岸平野をつくつたものと考えられる。したがつて湖東地域では現存河川が年間2m程度の割合で三角洲を西に向かつてつき出しているところもあり，また古くから行なわれている湖面干拓はこれら自然の堆積作用と相まつて，湖の面積の縮少を助長している。

琵琶湖の水は，南端瀬田川を通じて宇治川に連なり，また2つの疏水を通じて鴨川にも落ちている。他方湖に入る河川は，大部分が小規模河川で，湖西側に注ぐ安曇川が流路延長43kmを示すほか，湖東および湖南側の日野川・野洲川および愛知川などはいずれも40km前後どまりで，流域面積もまたその最大の姉川水系ですら686 km²を示す程度である。したがつて河川の縦断勾配も概して大きく，天井川をなすとともに，三角洲の著しい発達を促している。また湖東地域の河川は，湖岸流の影響によつて，一般にその河口部が北に向かつて徐々に移動する傾向にあることもかなり明らかに指摘できる。

自由面地下水は表流の伏没によつてかん養され，とくに河畔に顕著な分布が認められる。また被圧面地下水は，新期洪積層および古琵琶湖層中に含まれるが，これらはおもに県の東部あるいは南東部に露出する部分から直接

第3図　滋賀県所在工場の深井戸地層断面

天水の供給を受けて，かん養されているので，地形あるいは水系には無関係で，そのため河川規模の小さい割合に捕集可能量が大きい。しかもこれらの被圧面地下水は，供給地帯からの水頭差に加えて，前面によこたわる湖および西岸の基盤山地のために強く被圧され，湖岸一帯に自噴帯をつくつている。おそらく湖底においても相当量の湧水があるものと推定される。

4. 水利用の現況

4.1 湖水の利用

湖水を直接利用するものとして，湖東地区にかんがい用の逆水施設2カ所があり，湖南地区では東洋レーヨン滋賀工場の取水施設があるほか，随所に工場用・水道用に揚水されている。また第1および第2の2つの疏水により，京都市は発電・上水源および一部工場用に間接にこれを使つており，また宇治川に入つてからは3カ所の発電所と日本レーヨン宇治工場などの工業用水に利用されている。

阪神工業地帯への用水補給のために，瀬田川一野洲川間をせきとめて2分し，北の部分の水を揚水し，湖面を1.3m低下させる開発計画案があるが，この地域の水利用者側からみれば，その水源がきわめて重大な障害にさらされることになるので，計画を進めるにあたつては慎重な検討，研究が必要である。

第1表　滋賀県内29工場*の工業用水水源別取得量
（1958年8月当時の調査記録による）

水源別	取得水量 (m³/day)	全体に対する割合 (%)
自由面地下水（伏流を含む）	17,987	9.8
被圧面地下水	77,914	42.4
上水道水	1,067	0.5
河川（表流）水	36	0.02
湖水	82,572	45.0
（循環水）	4,195	2.3
計	183,771	100.0

* 29工場の業種別内訳は紡織16，化学6，電機2，セメント2，染色・樹脂加工・機械各1である

4.2 上水道および一般飲用

県内の上水道は大津市および近江八幡市のみで，いずれも湖水を沪過後給水している。大津市が19,000 m³/day，近江八幡市が2,700 m³/dayで，このほか簡易水道として湖水を用いているもの若干があるが，そのほか一般には河畔・湖畔の場合自由面地下水，またそれらを少し距たつたところでは掘抜井戸による被圧面地下水が家庭用・雑用に利用されている状態である。

第　2　表　　滋賀県下における

番号	工場名	所在地	使用量 (m³/day)	水源別取得量 (m³/day)	井 井戸番号	井 管井深度 (m)
1	大阪窯業セメントK. K. 伊吹工場	坂田郡伊吹村春照	3,700	C 3,700	予備 2	91
					常用 1	100
2	長浜樹脂K. K.	長浜市三ツ矢	7,150	C 4,750	1	
				R 2,400	2	
					3	90
					4	40
					5	
					6	
					7	
					8	90
					9	90
					10	144
					11	162
					12	90
					13	110
					14	155
					15	110
					16	150
3	鐘ケ渕紡績K. K. 長浜工場	長浜市南呉服町31	2,350	L 2,350	1	136
4	ヤンマーディーゼルK.K.長浜工場	長浜市船山町69	85	C 40, S 30, R 15		
5	近江ベルベットK. K. 平方工場	長浜市平方町695	600	C 50, L 550	130	1
6	日本和紡製品K. K.	長浜市平方町730	23	C 23		
7	東洋繊維K. K. 彦根工場	彦根市中島町34	1,400	F 500	浅井戸	6
				C 900	深井戸 1	61
					2	傾斜45° 88
					3	〃 60° 64
					4	〃 45° 79
					5	〃 60° 65
8	鐘ケ渕紡績K. K. 彦根工場	彦根市長曽根178	1,762	F 1,168	1	8.9
				L 594	2	8.5
					3	7.9
					4	9.5
					5	9.7
9	近江絹糸紡績K. K. 彦根工場	彦根市西馬場町104	12,700	C 7,700	1	120
				L 4,000	2	115
				R 1,000	3	115
					4	112
					5	49
10	野沢石綿セメントK. K. 彦根工場	彦根市古沢271	2,640	C 1,440	A	30
				L 720	B	30
				R 480	C	55
11	新内外綿K. K. 彦根工場	彦根市小泉町 1	6,000	F 3,000	浅井戸 1	7.2
				C 3,000	深井戸 1	121
					2	121
					浅井戸 3	10
12	東洋繊維K. K. 能登川工場	神崎郡能登川町林138	2,250	C 2,250	1	39.4
					2	45.5
13	日清紡績K. K. 能登川工場	神崎郡能登川町林 2	6,840	C 6,840	1	67
					2	88
					3	76
					4	45
14	敷島帆布K. K. 八幡工場	近江八幡市宮内町209	71	C 41, W 30		
15	江州銀造工業所	甲賀郡石部町石部	22	F 16, S 6	浅井戸 4	5.5
16	三共K. K. 野洲川工場	野洲郡野洲町野洲1041	900	F 900	1	6.8
					2	21.5
					3	21.5
					4	15.2
					5	8.2
17	竹仁染化K. K.	野洲郡野洲町野洲1190	6,400	F 6,400	1	7.6
					2	8.4
					3	7.5
					4	8.0
					5	7.8
18	日窒アセテートK. K. 守山工場	野洲郡守山町小島	18,000	C 18,000	1	30
					2	30
					3	30

工業用水源の利用現況

戸の諸元							ポンプの諸元				水温
孔径 (in)	自然水位 (m)	ストレーナーの位置 (m)	吸水管深度 (m)	吸水管口径 (in)	揚水量 (m³/h)	揚水水位 (m)	種類	口径 (in)	馬力 (HP)	運転時間 (h)	(°C)
13	5		10	8		5.5		5	75(2台)		16.6
12	7		20	6		8	B	5	25		16.2
3	0.6		30	2	5		T	2	3	12	
2½	0.5		20	1¼	7		T	1¼	3	12	16.2
2	0.8	85～90	20	1¼	4		T	1¼	1	8	17.0
6	0.3	35～40	20	2	10		T	2	2	24	14.3
2½	1.2		20	1½	5		T	1½	3	4	15.8
3	1.0		自噴		3						
3	0.2				3		T	2	5	6	15.4
3	1.0	80～90	20	2	10		T	2	2	24	
2	2.0	85～90	直結	2	12		T	2	2	24	
5	1.0	135～144	〃	3	25		T	3	7.5	24	16.0
5	0.6	154～162	〃	3	20		T	3	7.5	24	16.6
2½	1.5	85～90	〃	2	15		T	2	5	24	18.6
2½	1.0	107～110	自噴		7					12	15.2
4	0.3	150～155	直結	4	10		T	4	7.5	24	
3	1.5	61～105	自噴		40						19.0
3	1.0	130～150	直結	3	25		T	3	7.5	24	19.0
6	自噴	6	130		7.5	6	T	3	2		17.1
										5	16
35	5						T		7½	12	16½
10		29～34, 42～48	50	10	37	17	B	4	20	16	16.5
4		55～60, 76～81	78	4	48	13	P	4	15	16	16.5
4		36～41, 56～61	64	4	26	23		4			16.5
4		56～61, 66～71	76	4	48	10	P	4	15	16	16.5
4		35～40, 55～60	64		48	10	B	4	10	16	16.5
2.5m	2.6				22	4.4	T		5	16.5	18
2.7m	2.4				96	5.4	T		10	16.5	17
1.5m	2.0				25	6.7	T		7.5	16.5	17
2.9m	2.3				30	7.0	T		7.5	16.5	17.7
2.7m	2.2				22	6.4	T		5	16.5	17.8
14					336		T	8	45	12～16	17.2
14					150		B	8	50	12～16	18.5
14					96		T	5	10	12～16	18.5
12					150		B	7	40	12～16	19.4
12					25		T	7	10	12～16	18.5
7	3				60	5	T	3	15(2台)	24	13
6	3				20	5	T	2	7.5		13
8½	3.5				60	5	T	6	7.5	2	13
	1.3				450	4.7	T		20	19	15.0
12	2.8	38～43, 47～51, 59～63, 70～79, 102～104, 106～109		5	116	7.6	S	5	20	19	14.6
12	2.8	45～50, 55～64, 78～87, 94～99, 104～107		5	115	7.6	S	5	20	19	14.6
5	3.2	8.4～10		3	44	8.4	T	3	7.5	4	17.0
5	2	33.5～39.4			80		T		10	10	14
8	2	42.5～45.5			150		T		20	10	14
12	0.3	46, 91			180	5	T	6	20	17	15.5
12	0.3	37.4, 66.5			180	4	T	6	20	17	15
5	0.6	27.5, 76			60	5	T	4	15	10	15
3	1.2	不明			5		T	2	10	2	15.5
					15		T	4	7.5		
	2				8		T		5		15
180	3.0				100	3.3	T		30	10	19.6
8	3.3				12	9.1	T		3	10	16.0
8	3.3				12	9.1	T		3	10	14.0
11	3.0				36	5.2	T		5(2台)		20
40	2.7				90	3.3	T		10		18
	0.3				80	6.5	T		5.7	12	17.5
	3.5				80		T			12	17
72	4.2				150		T			17	17
72	5.2				150		T			18	17
72	4.8				150					10	17
		7.4～27.4			150		S	6	25	24	16.4
		7.3～21.2			150		S	6	25	24	18.0
		7.2～22.2			150		S	6	25	24	19.2

番号	工場名	所在地	使用量 (m³/day)	水源別取得量 (m³/day)	井 井戸番号	井 管井深度 (m)
					4	30
					5	30
					6	30
					7	30
					8	42
					9	30
					10	30
19	昭和工業K. K. 守山工場	野洲郡守山町勝部	3,600	F 3,600	1	7.3
					2	6.0
					3	7.9
20	綾羽紡績K. K. 草津工場	草津市大路井町	3,400	C 3,400	1	91
					2	151
21	敷島帆布K. K. 草津工場	草津市大路井町307	162	C 162		91
22	東洋レーヨンK. K. 瀬田工場	栗太郡瀬田町	18,200	F 1,800	1	160
				C 16,400	2	182
					3	178
					4	190
					5	182
					6	190
					7	170
					8	183
					9	162
					10	190
					11	140
					12	95
					13	145
					14	192
					15	166
					16	172
					17	10
					18	15
					19	11
					20	12
23	三洋電機K. K. 滋賀工場	栗太郡瀬田町橋本100	973	C 378, L 595		100
24	都築紡績K. K. 石山工場	大津市粟津晴嵐町25	1,660	C 1,300	1	75
				L 360	2	75
25	日本電気硝子K. K.	大津市粟津晴嵐町25	457	W 37, L 420	1	61
26	新日本電気K. K. 大津工場	大津市粟津晴嵐町25	2,000	C 700	1	120
				W 1,000		
				R 300		
27	東洋レーヨンK. K. 滋賀工場	大津市石山北大路宮ノ内町	76,060	C 3,140		120
				L 72,920		
28	大津紡績K. K. 大津工場	大津市膳所北相模町624	4,300	F 600	浅井戸 7	21
				C 3,700	深井戸 1	110
					2	130
					3	140
					4	140
					5	118
29	鐘ケ淵化学K. K. 坂本工場	大津市下坂本比叡辻町210	66	F 3		5
				L 63		

註) F：自由面地下水　T：タービンポンプ
C：被圧面地下水　B：ボアーホールポンプ
S：表流　S：水中モーターポンプ
W：上水道水　P：ピストンポンプ
L：湖水
R：循環水

戸の諸元							ポンプの諸元				水温
孔径 (in)	自然水位 (m)	ストレーナーの位置 (m)	吸水管深度 (m)	吸水管口径 (in)	揚水量 (m³/h)	揚水水位 (m)	種類	口径 (in)	馬力 (HP)	運転時間 (h)	(°C)
		8.5～23.5			150		S	6	25	24	23.9
		8～18, 19.6～23.6, 25.1～29.1			150		S	6	25	24	24.3
		10.1～19.0, 20.4～23.4, 25.4～28.4			150		S	6	25	24	21.4
		9.6～18.6, 22.1～27.8			150		S	6	25	24	22.8
		9.8～17.8, 22.8～40.8			150		S	6	25	24	19.2
					150		S	6	25		17.5
					150		S	6	35		15.8
140	1.5				2880	5.5	T		10	24	16.0
70	1.3				1440	2.9	T		10		16.0
140	1.2				1440	1.5	T		10	24	16.0
10	4.3		36		36					10	17
							B			16	18.2
8		5	11	4	54	2	T	4	7	24	15
		115～125, 130～135, 143～158									
		116～182									
		134～140, 144～158, 164～178									
		120～125, 130～138, 140～180									
		35～36, 39～41, 45～58, 94～103,									
		110～129, 130～145, 150～158,									
		162～176									
		137～190									
		53～56, 70～77, 93～96, 116～126,									
		141～153, 156～170									
		54～58, 96～99, 103～118,									
		143～170									
		128～137, 150～158									
		150～180									
		50～58, 70～73, 95～110, 114～									
		120, 130～138									
		42～49, 59～62									
		49～64, 116～118, 140～143									
		62～68, 117～128, 143～148,									
		162～170, 179～190									
		42～52, 87～91, 113～123, 131～									
		134, 140～149, 146～160									
		33～42, 100～123, 140～160									
		4～10									
		9～14									
		8～11									
		2～11									
8	自噴	64～71, 85～91	100	8m	48		B	4	10	10	16.7
15		53～55, 61～67			60	20		6	30	17	18
15	自噴	18～18.3, 42～45, 70～75			48	20		6	30	17	19
10	0.5		9		23	1.5	T	3	5	20	
12	10	58～67, 114～118, 82～83,			125		S	4	1.5	12	
12							B		55		
12							B		50		
	20				40		T		25		19
14	15		33		50	27	B	5	30	17	17.5
14	15	53～58, 69～80, 87～89, 90～92, 118～121	34		36	27	B	5	30	13	18
14	15	29～35, 54～60, 69～84, 86～91	33		54	23	B	5	30	17	17
14	16		33		50	28	B	5	30	17	17.2
14	22	47～53, 65～74, 78～83, 108～112	33		47	26	B	5	30	17	17
30	2				5		T		2	1/2	22

4.3 工 業 用

県下の主要工場29（うち19実地調査済み）の工業用水取得状況は第 1 表に示した通りであつて，総量184,000 m³/day のうち，45.0%が湖水，42.4%が被圧面地下水（深井戸による），9.8%が自由面地下水（浅井戸による），2.3%が循環水で，上水および河川表流水に依存する分はそれぞれ1%未満ずつとなつている。

工場別にこれをみると，東洋レーヨン K. K. 滋賀工場が 29 工場取得総量の 40% 以上を占めており，これに次いで東洋レーヨンK. K. 瀬田工場・日窒アセテート K. K. 守山工場・近江絹糸紡績K. K. 彦根工場・長浜樹脂K. K.・日清紡績K. K. 能登川工場・竹仁染化K. K. などが順に取得水量の多い工場となつている。これらはおもに現在温湿度調整用・冷却用・洗浄用などに供給されているのであるが，もともと湖岸の工場は湖水の利用をあてにして立地・操業しているものが多いのが特徴であつた。そして染色・精錬などに用いていたころは支障なかつたが，温湿度調整用・冷却用などがおもな用途に変わつてくると，もともと湖東および湖南側湖岸が遠浅であるために，夏季低温の水が取得できず，ためにその水源としての価値を地下水にゆずらざるをえなくなつてきた。こうして現在東洋レーヨンK. K. 滋賀工場を除く多くの工場は，主水源として地下水を利用するようになつた。地下水については次節に述べるが，工場構外に水源を増加せずに，構内だけで地下水の利用量を増加させるために，わが国最初のキャリヤ排水の地下圧入・還元に成功している東洋レーヨンK. K. 瀬田工場の水利用は，特筆に値するものであろう。

同工場では昭和 29 年当時 10 本の自噴井で操業していたが，工場周辺には飲用・かんがい用に掘抜井戸が利用されており，井戸揚水を行なうことができない状態にあつた。そこで生産拡大に伴つて必要となる水量を工場敷地内で確保できないものかと種々研究し，地質調査所員の指導により，約半年にわたり所在瀬田町町内一円の地下水理を詳細に調査し，その結果に基づいて，自噴井 1 本にキャリヤ排水を圧入 (1.5 kg/cm²) したところ，最も近接している（距離 90 m）自噴井にも水温の上昇なしに，井戸群の自噴量に増加をみた。そこでその後圧入専用井を 2 本増設し，自噴量の増加をはかるとともに，別に自噴井一部の揚水を行ない，従来の取得量の約 1/3 の増加をみるに至つた。この場合キャリヤ操作のうえから工場内の地下水水温を上昇させてはまずいので，井戸群の水温測定が厳密に行なわれたが誤差の範囲に入る 0.5°C を超す変化は認められず，全井ほとんど原水温を保つている。むろん注入水は充分ロ過を行なつているので，圧入井が目ずまりを生じる心配はほとんどない。

5. 地下水および地下水理

5.1 地域内地下水の概観

湖東および湖南地域における河川堤内地には湧水が多く，少なくも河畔寄りの部分には比較的すぐれた伏流——自由面地下水が分布している。また湖岸寄りには，20～160m 深度の既設井によつて，広い範囲に自噴帯の存在が認められる。これらの自噴井の地下水は一般に鉄分に富み，鉄生物の繁殖が旺盛で，そのため工場の用水現場ではしばしば目ずまりなどの障害を生じている。またほとんどが地区的に同一水層を利用していることが多いので，揚水による水位の低下が工場周囲の民家の井戸に及び，これまたしばしば紛争を起こしている。

しかし自噴性地下水を含む被圧面地下水は，場所によると 1 井約 3,500 m³/day を揚水している工場もあり，透水部・不透水部で多少の差はあるが，全般的にみれば 12 吋孔径の深度 100m 前後の深井戸で，1,200～1,500 m³/day 程度が適正揚水量の限界と推定される。

5.2 姉川水系長浜地区

1) 表流の概観

姉川は下流部の沖積平野において，支流の草野川・高時川と合流して琵琶湖にそゝいでおり，その北部には余呉湖に端を発する余呉川が琵琶湖に流入している。これらはいずれも中流部より上流側において，北方から南方に向かう直線状の流路を示す傾向がみられる。

姉川および余呉川両川の流域面積は，686 km² であり，うち下流部の沖積平野が約 135km² を占めている。

渇水期姉川支流草野川との合流点以下には全く流水がなくなり，下流一帯はいわゆる水無河原となる。

2) 水利用の現況

農業用水源としては，河川水の取水のほかに姉川本流の両岸に伏流を取水する浅井戸が散在している。これらは 4～5 mの角井であり，3～5 mの深度をもち，かんがい期には動力揚水が行なわれている。また長浜市には鐘ケ淵紡績K. K. 長浜工場，長浜樹脂K. K. などがあるが，前者は湖水 2,350 m³/day，後者は自噴性被圧面地下水を動力揚水により 4,750m³/day 用いている。

そのほかかんがい用水として，湖水を揚水する逆水施設があり，平野部の水田に用水供給を行なつている。

3) 地下水理

自由面地下水は平野部全般に分布するが，その利用地点はおもに河川沿岸部，湧水地帯あるいは自噴帯からはずれた地区などに多い。一般に河岸には表流が伏没した

ものとみなされる良質の自由面地下水が分布しているところもあるが，そのほかの平野部ではおもに直上からの天水の浸透によってかん養されているものが多く，したがって水温は外気に左右され，水比抵抗もまちまちの値を示すことが多い。また深度は5～10 m程度である。

被圧面地下水は主として自噴帯内で使用されており，自噴帯は姉川と，支流の草野川との合流点の若干下流から以西一帯，および高時川と余呉川に挟まれた平野部の中間部から南側一帯に広く分布する。これらの掘抜井戸深度は20～160 mの間であり，湖岸寄りほど深くなっている。

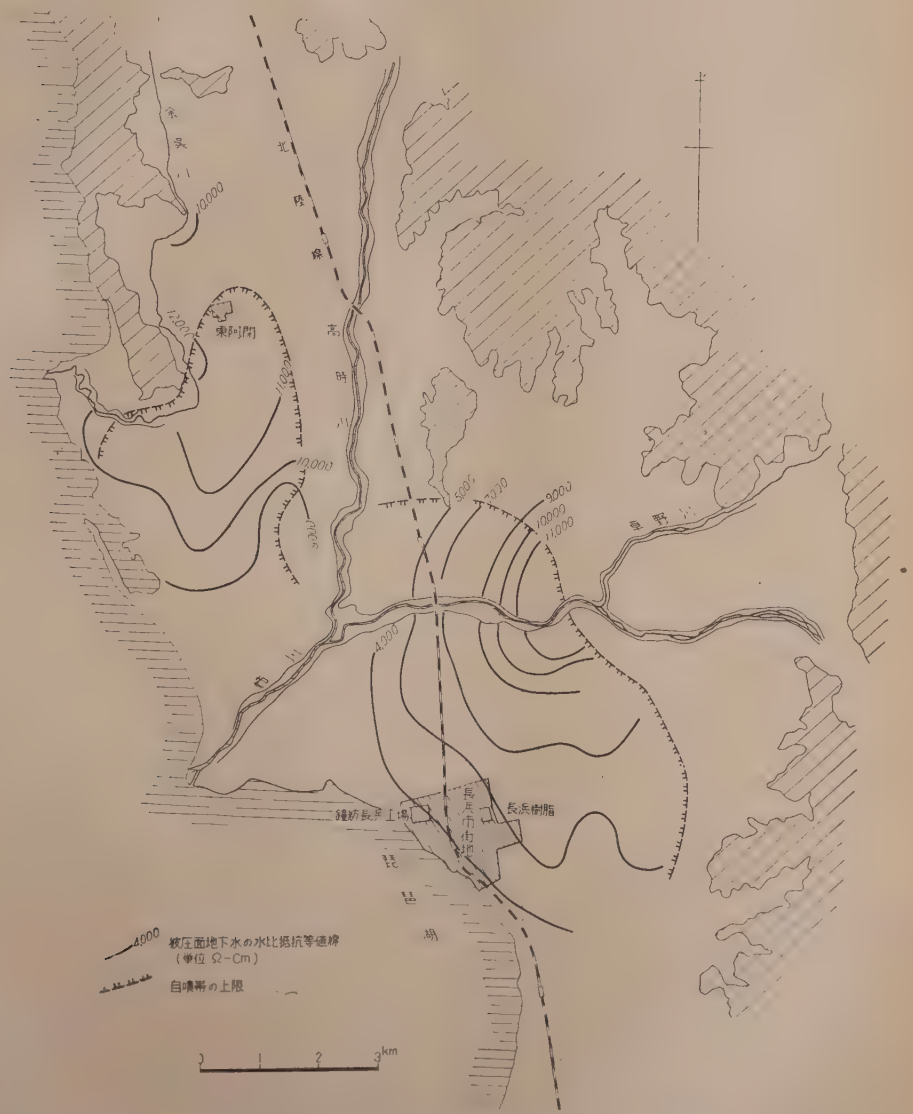
便宜上当地区を2つに区分して説明することとしたい。

A地区：高時川と余呉川に挟まれた地区

B地区：高時川以東からの草野川・姉川本流の流域一円

（1）　A地区では第4図に示したように東阿閉以南一帯に自噴帯が分布し，自噴帯内では掘抜井戸が過半数を占めるが，なかには自由面地下水を利用する浅井戸も割合に多い。

自由面地下水の水位は，北部で地下6 mを示すところ



第 4 図　　姉川下流地区の被圧面地下水の流向を示す水比抵抗等値線

第 5 図　　姉川下流地区の被圧面地下水の水温等値線

もあるが，南下するにしたがつて浅くなる。高時川沿いの自由面地下水は，水位が浅く，直接表流によつてかん養されているものが少なくない。一般に自由面地下水の水比抵抗は 2,500～10,000Ω-cm の範囲に含まれる。

他方被圧面地下水は 4,000～12,000 Ω-cm の間にはいる水比抵抗を示しているが，その等値線は平野の中心部を北から南に向けて延びている。主として高時川の上流部からその供給を受けているものと考えられるが，また余呉川の影響もある程度は考えられる。

（2） B地区でも図に示したように広い範囲で自噴帯が分布する。この自噴帯外では自由面地下水が多く利用されているが，また自噴帯内でも姉川沿岸付近には湧水があり，伏流とともにかんがい用水源となつている。

この地区の被圧面地下水の水比抵抗は 4,000～11,000 Ω-cm を示しており，A地区とは別な水系によつて供給されていると考えられる。すなわちその中心部となる 11,000 Ω-cm 台は，姉川をまたいで両岸に存在し，10,000，9,000，7,000 Ω-cm の等値線が南西の方向に向かつて延びている。

これらの被圧面地下水の水温は，姉川右岸と左岸とで異なつている。右岸では16～18°C 台を示し，東から西に向かつて徐々に上昇してゆく傾向がみられる。一方左岸側においては，15～17°C台であり，その分布は水比抵抗等値線とほゞ似た傾向がみられ，南西に向かつて上昇している。これらはいずれも下流部ほど井戸が深くなることが直接関係しているものと思われる。

以上のように長浜地区における被圧面地下水の流動は，大局的にみて2系統となつている。すなわちその一つは高時川と余呉川との間であり，ほゞ平野の中心部にあたるところを北方から南方姉川河口付近に向かつている。また別の一つは草野川と姉川本流合流点付近に始まり，契形に南西方向に向かつており，これは姉川本流および草野川による供給に依存しているものと考えられる。

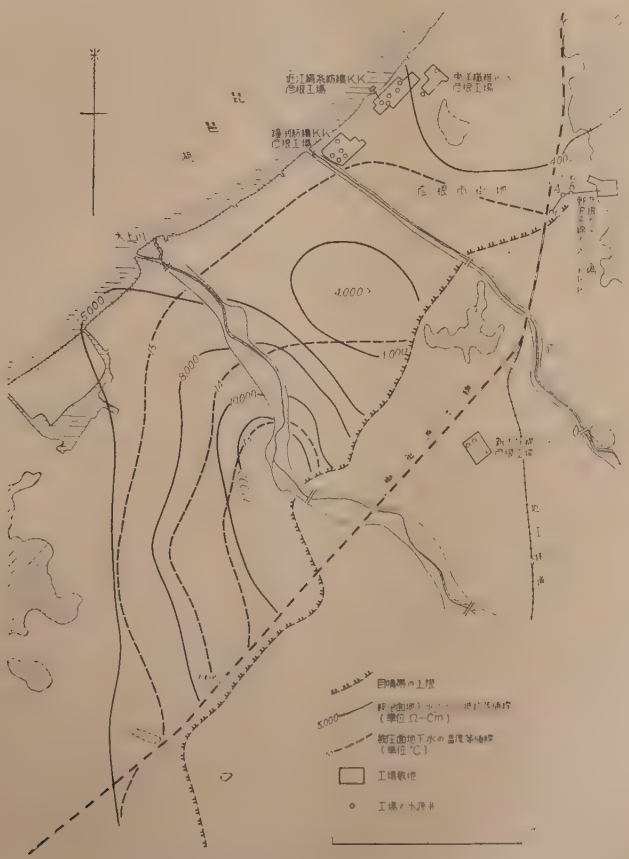
5.3 犬上川および芹川水系彦根地区

1) 水利用の現況

湖東地区のほゞ中央部に位置する彦根市の南部には，芹川（流域面積 63 km²）および犬上川（同 124km²）の2河川が，北西に向かつて琵琶湖に注いでいる。この両川の中間部には，自噴井を利用する養魚場があり，上水道のない彦根市では大部分の民家が被圧面地下水を用いている。市内所在の工場としては，東洋繊維K. K.・近江絹糸紡績K. K.・鐘ケ淵紡績K. K.・新内外綿K. K.・野沢石綿セメントK. K.などがあり，地下水の取得量は湖水の 460 m³/day に対し，17,700 m³/day にも達している。

2) 被圧面地下水の水理

この地区における自噴帯の分布は，第6図に示すように，平野中央から湖岸にかけてみられる。このなかの掘抜井戸は 30～80m の間の深度であり，水比抵抗の測定結果では，その高い値の部分が犬上川左岸側に推定される。こゝでは犬上橋付近左岸に 11,000Ω-cm 台の部分が認められ，10,000，8,000，5,000Ω-cm がこれを包囲して北西方向に向かつて湖岸に延びている。



第 6 図　彦根周辺地区の地下水理

これに対して芹川流域一帯は，細粒の堆積物でできており，表流の伏没が乏しく，水量・水質ともに期待できない。犬上川との中間部では水比抵抗は 4,000Ω-cm 以下となつており，彦根市街地一帯でも 4,000Ω-cm 台にとどまつているという状態である。水温は 13～15°C 台で，その等値線は水比抵抗のそれとよくにている。

なお芹川・犬上川中間部や彦根市街地一帯の水比抵抗の低い地帯では，とくに鉄分が多い傾向にある。

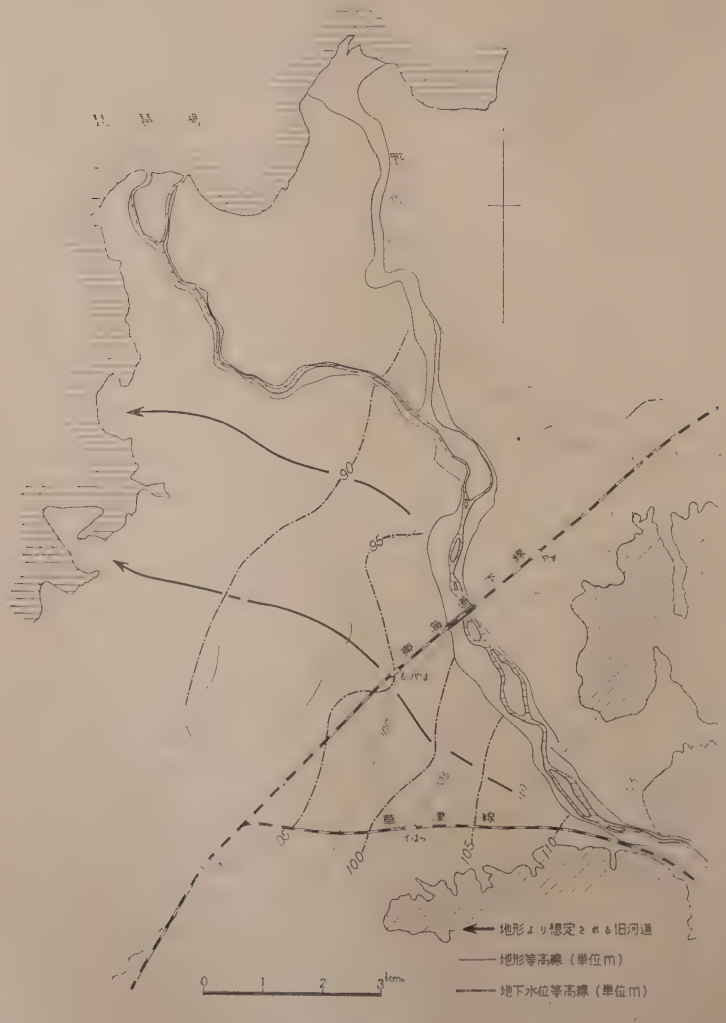
以上のようにしてこの地区内での工業用水源としての開発適地は犬上川左岸一帯と考えられる。

5.4 野洲川水系守山地区

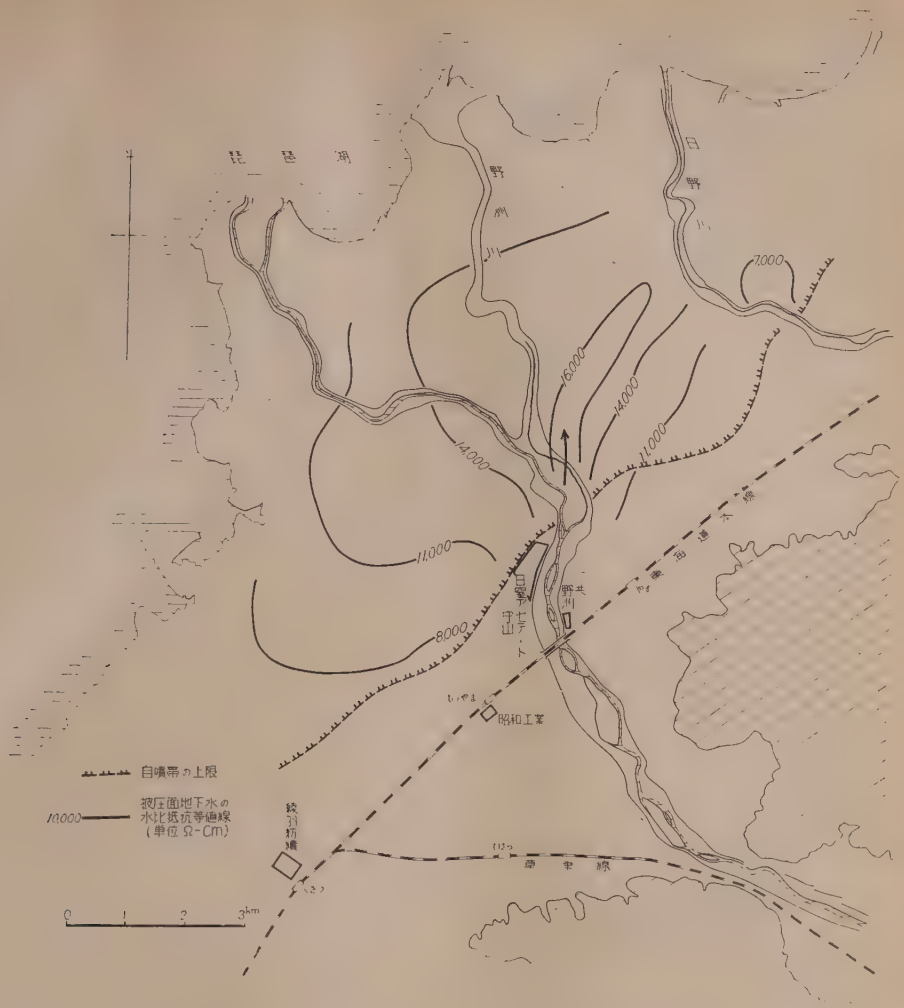
1) 表流の概観および水利用の現況

野洲川は滋賀県南東部の御在所山に源を発し，水口盆地をぬけ，約100km² の三角洲を形成して琵琶湖に注いでいる．その流域面積約 400km² で，その河道は徐々に南から北に変遷してきていることがわかる。

野洲川はかんがい期には上・中流部の取水により，下流にほとんど流水をみないのがふつうで，平野部における水利用は全く伏流あるいは堤内地の湧水によつてまかなわれている。これら伏流は，比較的豊富でかんがい用のほかに，工業用として，日窒アセテート K. K. 守山工場・竹仁染化K. K. ・三共K. K. 野洲工場などでおもに浅井戸によつて利用されている。とくに日窒アセテート K. K. では 1 井当り 3,500m³/day を揚水する井戸群 10 本によつてその用水を得ており，透水部を利用すればなお利用の余裕は少なくない。



第 7 図　野洲川下流地区にみられる旧河道



第 8 図　　野洲川下流地区の被圧面地下水の流向を示す水比抵抗等値線

2)　被圧面地下水の水理

自噴井は南西方向に走っている国鉄東海道線と平行し，これから約1km 湖岸寄りのところから，湖岸近くまで広い範囲にわたって分布している。井戸深度は15～90mの間にあり，湖岸寄りの木の浜から山田村にかけての長さ約10km，幅 0.5～1kmの地帯では，現在稼行はされていないが，ガス徴を伴っている。

この地区の水比抵抗等値線は，やゝ異様なかたちを呈しており，野洲川下流の分流点付近の右岸側に 16,000 Ω-cm 台の高い値の部分があり，これが北東に延びて，その上流側，下流側および左岸側に，14,000，11,000，8,000 Ω-cm の線がとり囲むようなかたちで示されている。すなわちこゝでは野洲川河川敷下の伏流～地下水が分流点付近で，右岸平野部に向かって大量・急速に流動し，それが四周に分散・透過してゆくという経路をたどって被圧面地下水がかん養されているものと推定される。

なおこの透水経路は，北東方日野川水系の方にも関連をもつかと考えられるが，現在の調査段階ではまだその確認はできない。

6.　工業用水源開発の可能性

1)　地域全体として工業的にはまだ開発の可能性が残されているが，用水の面からも湖水を含めなお余裕があると判断できる。

2) 地下水源は一般に被圧面地下水の場合鉄分に富み，積極的には推奨しにくいが，彦根市の地区で犬上川左岸の透水帯，守山町の地区では野洲川の分流点付近一帯などは，伏流～自由面地下水に依存する 10,000 m³/day 級の用水型工場の受入れが可能である。

3) このほか日野川・愛知川沿いにも，若干の小規模用水適地が推定できる。

4) 被圧面地下水を収水する深井戸は1井当り 1,200～1,500 m³/day 程度の揚水量で計画することが望ましい。

5) 京阪神地域に対して水源地帯にある関係上，高度の汚染水を排出するような業種は努めてさけ，用水型工場であつても排水の汚染を著しく生じない業種に限ることが必要である。また総合開発に伴う湖面低下の計画案に対しては，地下水源保全の面から慎重に対処すべきであろう。

(昭和 33 年 8 月，34 年 2 月調査)

文 献

1) 地質調査所：5万分の1地質図幅近江長浜，および同説明書，礒見 博調査，1956
2) 宮井嘉一郎：近江国野洲川下流の地形について，地球，Vol. 8, No. 2, 1927
3) 渡辺久吉：滋賀県下地下水調査報文，地質調査所報告，No. 62, 1917

553.311 : 553.494 : 550.85(521.12)

岩手県雲上地区含チタン鉄鉱鉱床調査報告

宮本 弘道* 丸山 修司*

Report on Titaniferous Iron Ore Deposits at Unjō District, Iwate Prefecture

by
Hiromichi Miyamoto & Shūji Maruyama

Abstract

The writers surveyed the titaniferous iron ore deposits along bedding planes of Paleozoic strata at Unjō district, Iwate prefecture in July, 1953. Principal ore minerals are magnetite and ilmenite. At hanging wall, they can observe more amount of skarn minerals, which consist of garnet, hedenbergite, diopside and actinolite etc., and a small amount of pyrite, chalcopyrite, quartz and iron spinel (?) etc. The Ohata deposit is only worked along its strike direction above 43 m, and has the ore grade of Fe 40～50 % and TiO_2 10～20 %.

要　旨

昭和28年5月24日から19日間にわたり，岩手県雲上地区の含チタン鉄鉱鉱床を調査した。雲上地区は岩手県上閉伊郡達曽部・宮守の両村にまたがり，古生層の硬砂岩および石灰岩を母岩とする含チタン鉄鉱鉱床が賦存する。鉱床はほゞ母岩の層理面に沿つて発達し，上盤にスカルンを伴なうことがある。おもな鉱床は大畑・内楽木(ないらぎ)鹿込(しゝこめ)の鉱床があるが，そのうち稼行中のものは大畑鉱床のみで，延長 43m まで明らかとなり，内楽木鉱床は鉱石の転石の賦存状況から判断して延長最大 200m と推定され，鹿込鉱床は 100 m の間に散在する4露頭からなり，その厚さは1.4～3.5m である。鉱石はおもに磁鉄鉱およびチタン鉄鉱からなり，これら相互の間に格子状構造が認められない。大畑・鹿込両鉱床の鉱石品位は Fe 40～50 %，TiO_2 10～20 %であつて，前者は調査当時の状況では鉱量は数千 t にも達していない。本地域内における鉱床の規模は概して小さく，鉱量1万 t に達する鉱床の発見は困難と思う。大畑・鹿込両鉱床に関しては，今後物理探鉱を実施し，露頭相互の関係を明らかにし，鉱量の増加をはかることが大切である。

1. 緒　言

調査目的

最近急激に金属チタンの需要度が高まり，その精錬技術の研究とともに鉱床の開発が要望されるようになつた。チタン鉱床調査の一端として，今回は古生層中の含チタン鉄鉱鉱床である雲上地区を取り上げた。

本地域の地質図幅調査は本所の吉田尚，地質鉱床調査は東北大の高橋純一，大和栄次郎，加藤謙次郎，鉱山調査は石橋朴，上田潤一らにより行なわれている。

調査期間　昭和28年5月24日～6月11日

調査精度

本地域内全般にわたる地質図は1万分の1地形図を用いて地質図を作成し，大畑鉱床付近は1千分の1地質鉱床図，坑内は500分の1の坑内地質鉱床図を作つた。

2. 調査地域

2.1 沿　革

明治39年頃にはすでに本地域内に露頭が発見されていたといわれている。達曽部村の多田常吉が始めて鉱区を設定し，その後鉱業権は照井愛助・木村仁太郎らに移り，手掘によつて稼行された。その間大正年間には鉄鉱としての利用が考えられたが，当時はチタン分が多いために目的を達しえなかつた。その後花巻の菊池彦次郎を経て昭和14年頃盛岡の半田林蔵の経営に移り，半田鉱山と称し，開発に努めた。昭和27年5月に至り現権者の経営となり，雲上鉱山と改称し，大畑鉱床の開発に着手し，現在に及んでいる。

2.2 位置および交通（第1図参照）

現場の位置は，岩手県上閉伊郡達曽部村大畑にあり，釜石線岩根橋駅の北東方直距約 6 km，同宮守駅からは

* 鉱床部

第1図 雲上地区位置および交通図

北方直距約 4.5 km の所にある。

現場に至る径路は次の通りである。

東北本線花巻駅
→釜石線岩根橋駅 バス 7km →達曽部村宿 徒歩 4km →現場
→釜石線宮守駅 徒歩（上杉，児子野経由） 6.5 km →現場

現場からの搬出径路は，現場から軽索または馬車により 1.5 km で中野部落，こゝからトラックで 9.5 km で岩根橋駅に至る。

2.3 鉱業権および経営者

鉱区番号：岩手県採掘　457
　　岩手県試掘　11417
鉱　　種：金・銀・銅・鉛・亜鉛・鉄・石綿・チタン
鉱業権者：東京都世田谷区経堂町 902　村田一常
経 営 者：東京都千代田区丸の内 2 の 2　丸ビル内
　　雲上鉱山株式会社

3. 地形および気象條件

3.1 地　形

本地域は北上川の支流猿石川の北部を占め，その北縁を達曽部川，南縁を宮守川が北東から南西に流れ，猿石川に合する。この両川に挟まれて雲上山（海抜標高 575 m）を主峰とする山嶺が北東から南西に延びている。礫峠の北東方の雲上山・八株山等石灰岩からなる部分は数 10 m に達する急崖をなし，一般に急峻な地形を示す。渓谷は概してV字形を呈し，晩一壮年期地形を代表し，谷底の傾きもきわめて緩やかで，トラック道路の建設はきわめて容易である。

3.2 気象條件

冬季の積雪量は平均 1.5 m に達し，そのため 12 月から翌年 2 月まではトラックの運行は杜絶する。

4. 地　質

4.1 地質概説

本地域を構成する地質は古生層を主とし，その東端部には花崗閃緑岩が露出し，また西方には超塩基性岩類があつてこれに接する。吉田尚によれば本地域内の古生層は二畳紀に属し，周辺の古生層に較べて新期のものと考えられている。本層はおもに硬砂岩・粘板岩・珪質粘板岩等からなり，中部より東部にかけて熱変成作用の影響を受けている。

4.2 古生層

本地域内の古生層は岩相によつて 3 地層群に分けることができる。見掛け上の下部層から列挙すれば，下記の通りである。

地層群名	地域	おもな構成岩層
粘板岩・硬砂岩層	西部	粘板岩・珪質粘板岩・硬砂岩の各層
珪質粘板岩硬砂岩層	中部	珪質粘板岩・硬砂岩の互層 石灰岩層
硬砂岩・石灰岩層	東部	硬砂岩・石灰岩の各層

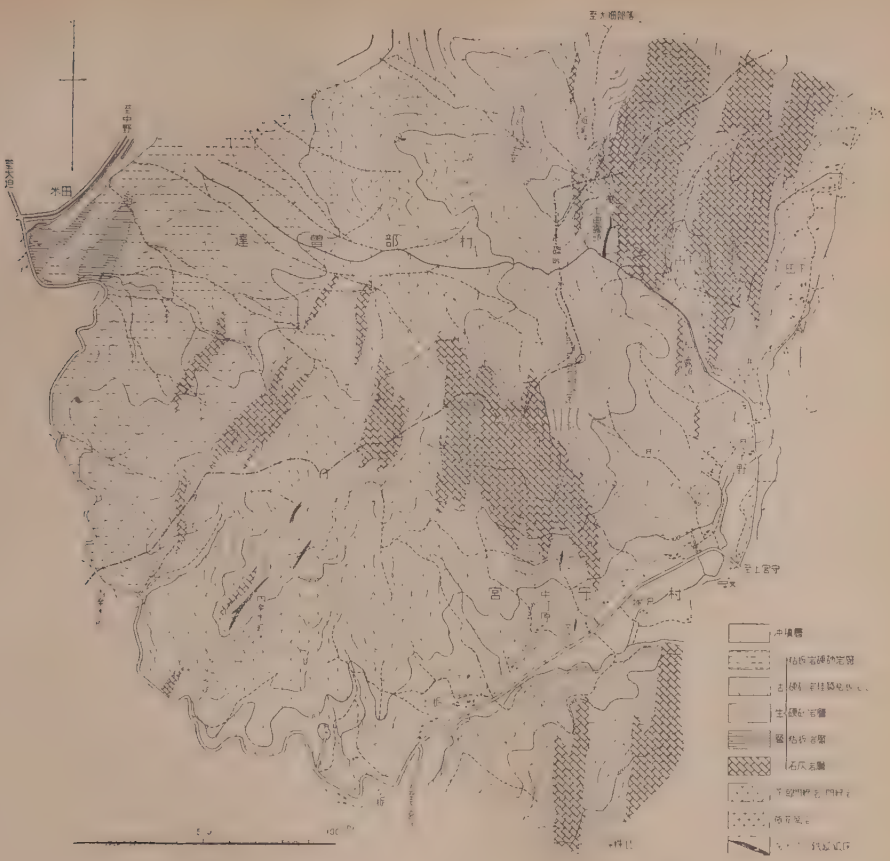
各層に通じてみられることは石灰岩・硬砂岩両層の境は多く櫛歯状の形をとり，石灰岩と珪質粘板岩・硬砂岩と珪質粘板岩とはそれぞれ層位の上下のみでなく，走向延長の方向にも漸移することが多いことである。これら各層には粒度の変化のはなはだしい部分があり，堆積環境の複雑さを暗示していることからも，これら古生層はおそらく浅海性のものと考えられる。

4.2.1 粘板岩硬砂岩層

本層は本地域内の北西部を占め，構成されている物質の粒度は比較的に小さい。地層の走向はN 70°±E，傾斜はE 40～70° を示し，下部層は千枚岩質となり，上部層中には硬砂岩・石灰岩等の薄層を伴ない，さらに上部に向かつては漸次構成物質の粒度を増すとともに，珪質となつていく。また千枚岩質粘板岩層を走向方向に追跡していくと，粘板岩→硬砂岩→礫岩となり岩相が変化する（第 3 図）。

4.2.2 珪質粘板岩硬砂岩層

本層は調査地域のほゞ中央部を占め，走向はNS，傾斜は E 50～80° を示す。下部には粘板岩・硬砂岩の互層が発達し，中部には珪質粘板岩層がとくに厚く堆積して，その走向延長は雲上山および八株山を構成する石灰岩層に移化する。本層中には前記の硬砂岩層から珪質粘板岩えの漸移，硬砂岩層と石灰岩層との間の櫛歯状の境界現象が多く認められる。



第 2 図　雲 上 鉱 山 付 近 地 質 鉱 床 図

4.2.3 硬砂岩石灰岩層

本層は主として調査地域の東部を占め，東端部において花崗閃緑岩類に接する。地層の走向はＮＳ，傾斜はＷ70～80°を示す。本層のうち東半部は石灰岩層に富み，西半部は硬砂岩層に富んでいるが，石灰岩層が硬砂岩層に移化する部分は珪質または軟質になり，しかも両層の境界は櫛歯状の形をとる所がある。

4.2.4 古生層に及ぼす熱変成作用

古生層は東部より中部にかけて比較的著しい熱変成作用を受けている。その結果粘板岩中には空晶石・黒雲母・角閃石・白雲母等，硬砂岩中には赤色柘榴石・白雲母・角閃石等がみられる。石灰岩は一般に結晶質となり，花崗閃緑岩類との接触部付近においては，径５ｍｍの結晶粒からなる糖晶質の部分がある。

これに反して西部の古生層は熱変成作用の影響はきわめて弱く，粘板岩中に空晶石が含まれるだけである。

4.3 岩崗閃緑岩類

本岩類は地域内の東端部に露出し，岩質は黒雲母に富み，榍石が比較的に多く含まれる。古生層との接触部付近ではこれらの構成鉱物は中粒ないし細粒となり，角閃石が増し，石英がほとんど含まれない所もあり，石英閃緑岩ないし閃緑岩の岩相を示している。田下部落西方の山陵および田下洞には石英閃緑岩ないし閃緑岩が所々に露出し，また磯峠から塚沢に至る道筋には半花崗岩が古生層を貫いている。

5. 鉱　床

5.1 概　説

鉱床は古生層を構成する珪質粘板岩硬砂岩層および硬砂岩石灰岩層中に胚胎する含チタン鉄鉱鉱床で，概して母岩の層理面に沿う板状鉱体からなる。そのうちおもなものは，大畑・内楽木・鹿込の３鉱床であつて，他に松

第 3 図　米田付近地質図

山・七曲の採掘跡および冷水・中河原等の露頭がある。

5.2 賦存状況

5.2.1 大畑鉱床

本鉱床は大畑部落の南方 1km，谷の西向斜面に賦存し，露頭はN 12° E の方向へ約 100 m の間 5 カ所にあつて，ほゞ中央に大畑坑が開坑している（第 5 図参照）。本坑は N 20° E の方向に約 43m 鏑押しているが，鉱床の最大幅は 1.6m，傾斜は 80° E を示す。鉱体の上盤側は主として硬砂岩層およびスカルン鉱物を伴なう貧鉱部からなり，珪質硬砂岩を伴ない，下盤はおゝむね結晶質石灰岩からなり，一部にホルンフェルスおよび軟質硬砂岩を伴なう。南引立付近は両盤とも石灰岩となり，幅 30cm の硫化脈が母岩を貫いている。また坑口から南 40m付近には走向 EW，傾斜 N 60° の断層がある。

大畑坑口の北約 55m には幅 1m のスカルン帯があり，傾斜は 80° E で母岩（石灰岩・軟質硬砂岩および暗灰色硬砂岩の累層，傾斜は 50° E）の層理と斜交する。さらに北約 6 m には幅 80cm の露頭があり，走向は N 10° E，傾斜は 70° E を示す。大畑坑口の南方 25 m および 31 m には露頭があるが，これは同鉱床の上部にあたるものと考えられる。鉱体の幅は 50～60cm であり，いずれも上盤に幅 50cm 以下のスカルン帯を伴なう。

5.2.2 内楽木鉱床

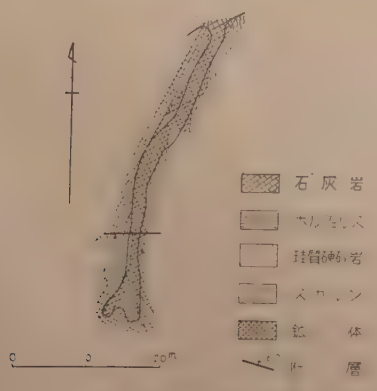
内楽木峠（第 2 図参照）の東方約 600 m，海抜標高 400m 付近に内楽木鉱床が胚胎し，南東向きの斜面一帯には幅 300m にわたつて鉱石の転石が多数散在する。これら転石の分布および地質の状況から推定すれば，下盤は粗粒硬砂岩および石灰岩の薄層を伴なう硬砂岩層からなり，上盤は粗粒硬砂岩層（走向は N 10～30°，傾斜は 40～50° E）からなるもののようである。転石の分

第4図　大畑鉱床付近地質鉱床図

布範囲の規模は最大延長 200m，幅 5 mと推定される。

5.2.3　鹿込鉱床

八株山の南方約 1,200～1,300m，鹿込小学校の北西方約200 mに鹿込鉱床が胚胎する。付近の地質は八株山を構成する石灰岩層が南に延長したものと思われ，そのなかに厚さ 100m の硬砂岩層を挟む。地層の一般走向，傾斜はそれぞれ N 20～30° W，50° S を示す。鉱床の母岩は硬砂岩で，第1露頭からS 50° Eの方向に約 100 mにわたり，4つの露頭が散在する（両端の高低差は約



第5図　大畑坑坑内地質鉱床図

第6図　鹿込鉱床露頭分布図

40m）。

西端の第1露頭は幅 3.5 mの鉱体で，そのうちには幅 50cm と幅 80cm の富鉱部が含まれる。第1露頭の南東方約 60m の位置に第2露頭があり，母岩の層理の走向は N 30° W，傾斜は S 50° を示す。鉱体は幅約 1.4 mで，そのうちには下盤寄りに幅 20cm，上盤寄りに 30 cm の富鉱部を挟むが，鉱体中にはとくに多くの割れ目が認められる。

最東端の第4露頭は，かつて坑道掘が行なわれ，多少の出鉱をみた模様であるが，調査当時は坑内外の崩壊が著しく，観察ができなかったので内部の状況は明らかでない。第4露頭の北西方約 25 m には第3露頭があるが，これも崩壊して詳細は不明である。

5.2.4　その他

大畑坑口の南方 200～280m には七曲の採掘跡があるが，母岩は風化分解し，坑内も崩壊して詳細は不明である。児子野付近の松山の採掘跡も上記と同様で，詳細は不明である。中河原付近には褐鉄鉱化作用を受けた鉱石が多数散在する。また冷水には硬砂岩中に幅 30cm の鉱体がある。

6.　鉱　石

6.1　鉱石の組成鉱物

鉱石は灰黒色塊状で，亜金属光沢を示し，おもに磁鉄鉱・チタン鉄鉱等からなり，富鉱部には緻密石・普通輝石・緑閃石・柘榴石・方解石・緑泥石等を伴ない，さらに焼灰石・石英等がごく少量含まれる。貧鉱部はおもに柘榴石・灰鉄輝石・普通輝石・緑閃石・透輝石等のスカルン鉱物からなり，ほかに緻密石・角閃石・チタン鉄鉱・磁硫鉄鉱・磁鉄鉱・黄鉄鉱・黄銅鉱・緑泥石・石英等を伴なう。磁鉄鉱およびチタン鉄鉱は鉱体のなかでは多

第　1　表

採取場所	Fe (%)	TiO_2 (%)	SiO_2 (%)	CaO (%)	P (%)	V (%)
大畑坑内 ①	46.32	13.60	17.58	2.69	0.03	0.10
〃 ②	43.28	13.60	16.14	1.94	0.02	0.15
〃 ③	37.68	11.80	15.96	1.52	0.12	0.08
〃 ④	50.34	16.80	12.64	6.70	0.04	0.13
〃 ⑤	49.95	17.00	6.02	3.28	0.01	0.19
大畑鉱床露頭 ①	44.22	14.50	6.76	6.41	0.04	0.12
〃 ②	53.58	16.50	9.08	—	0.01	0.17
七曲残鉱	48.14	14.80	5.22	5.96	0.01	0.17
松山残鉱	47.79	15.60	9.86	1.78	0.04	0.18
内楽木鉱床 ①	8.15	1.64	54.06	—	0.01	—
〃 ②	9.04	1.54	55.90	—	0.01	—
冷水露頭	50.05	14.64	15.38	1.12	0.06	—
中河原転石	31.81	13.56	28.16	5.19	0.04	—
鹿込鉱床第1露頭 ①	47.26	18.12	16.24	0.21	0.08	—
〃 ②	51.23	20.32	7.62	0.64	0.00	—
〃 第2露頭 ①	47.26	18.12	24.58	3.06	0.02	—
〃 ②	39.85	16.54	31.82	—	0.02	—

分析：安藤　厚・後藤隼次

く，周辺に凹凸の多い粒となり，僅かに自形を残すものが認められるが，両者が格子状構造をもつものは認められない。スカルン帯では自形をとるものが比較的多く，楣櫚石・柘榴石・普通輝石・黄鉄鉱等がある。磁鉄鉱の一部は僅かに赤鉄鉱化している。大畑では黄銅鉱の細脈が鉱石を切つていることがあり，七曲の残鉱中には鉄スピネルらしいものが含まれていることがある。

6.2　鉱石品位

採取試料の分析結果は第1表に示される通りである。

第1表の結果によれば大畑鉱床の鉱石品位は Fe 40～50%，TiO_2 11～17%，鹿込鉱床では Fe 40～50%，TiO_2 15～20%であつて，Pは 0.05% 以下のものが多い。大畑鉱床についてはVは 0.10～0.20% 含まれている。内楽木鉱床の鉱石品位は Fe 10% 以下，TiO_2 2% 以下で，きわめて低い。その他の採掘跡の残鉱および露頭の鉱石品位は Fe 30% 以上，TiO_2 10% 以上を示すものがある。

6.3　埋蔵量

大畑鉱床に関しては大畑坑により延長 43m まで確かめられているだけであるから，鉱量は数 10^3 t 以下であり，鹿込鉱床は鉱石品位は一応 Fe 40% 以上，TiO_2 15% 以上を示しているが，探鉱が進んでいないため，まとまつた鉱量を把握することはできない。内楽木鉱床の鉱石はきわめて低品位であつたので，Fe 30% 以上，TiO_2 10% 以上については計算することができない。その他の露頭は標本的存在にすぎない。

7.　現　況

当地区のうち稼行鉱床である大畑鉱床は，大畑坑により稼行されている。

採　掘　機械掘
動　力　三井精機自由型ディーゼル・コンプレッサー 5 HP
選　鉱　簡単なずり抜き手選
出　鉱　昭和28年6月約30 t 石原産業K. K. 四日市工場に送鉱
貯　鉱　約 20 t
労務者在籍数　15名（内女3名）

8.　稼行状況および将来の探鉱計画

8.1　移行状況

調査当時は大畑鉱床を大畑坑により約 43m まで鑿押探鉱を行ない，鉱床の規模把握に努めていた。その他の鉱床に関する探鉱は行なわれていなかつた。

8.2　将来の探鉱計画

大畑鉱床については鑿押探鉱を続行するとともに，本鉱

床の下部状況の把握に努め，他方鹿込鉱床の坑内探鉱に着手する予定である

8.3 探鉱に対する意見

調査地域内の鉱床中探鉱を進めるべき鉱床は大畑・鹿込の両鉱床で，いずれも露頭相互間の関係を明らかにすることが先決問題である。そのための方法として物理探鉱を実施することは有効なことと考えられる。

9. 結　論

雲上地区の含チタン鉄鉱床の調査結果をまとめると次の通りである。

1) 調査地域内の含チタン鉄鉱床は古生層中に胚胎し，母岩はおもに硬砂岩および石灰岩で，大畑鉱床の上盤側にはスカルン帯を伴なう。鉱床はほゞ母岩の層理面に沿つている。

2) 大畑鉱床は坑道探鉱によつて延長 43m まで確かめられ，また内楽木鉱床は鉱石の転石状況から最大延長 200m と推定され，鹿込鉱床の 4 露頭は 100 mの間に散在する。

3) 鉱石はおもに磁鉄鉱およびチタン鉄鉱からなるが両者間に格子状構造は認められない。大畑・鹿込の両鉱床の鉱石品位は Fe 40% 以上，TiO_2 10%以上であるが，内楽木鉱床の鉱石品位は Fe 10%，TiO_2 2%に達しない。

4) 調査鉱床中大畑および鹿込の両鉱床については，露頭相互の関係を明らかにし，鉱量の増加に努むべきである。このために物理探鉱を実施することは有効と考えられる。

5) 大畑鉱床に関し，調査当時数 10^3 t の鉱量をも算定することができなかつた。その他の鉱床についてはさらに少量考えられるにすぎない。調査の結果から本地域内には鉱量 1 万 t の鉱体の発見は困難と考えられる。

(昭和28年 6 月調査)

文　献

1) 加藤謙次郎：岩手県雲上鉱山矢作鉱山含チタン鉄鉱床，鉱山地質，Vol. 3，1953

2) 大森啓一：昭和 22 年 6 月司令部資源局よりの指向による回答報文，1947

553.63 : 550.85 (521.53)

岐阜県平岩地区ほたる石鉱床調査報告

五十嵐　俊雄*

Report on the Fluorite Deposit of the Hiraiwa Mine, Gifu Prefecture

by
Toshio Igarashi

Abstract

The fluorite deposits of the Hiraiwa and Noborio mines are situated in Kaminoho village, Mugi-gun, Gifu prefecture. The Hiraiwa mine is one of the largest fluorite mines in Japan.

The ore deposits are a simple fluorite-calcedonic quartz vein, accompanying with only a little amount of adularia and impregnated pyrite.

The wall rock consists of black slate and granite-porphyry. The deposits tend to form ore bonanza in granite-porphyry, but in the black slate, become network.

要　旨

平岩鉱山は岐阜県武儀郡上之保村に位置するほたる石鉱床である。同地区の地質は粘板岩・砂岩およびチャートからなる古生層と，これを貫く花崗斑岩・石英斑岩および玢岩等の岩脈類で構成されている。

鉱床は粘板岩と花崗斑岩にまたがつて発達する2條の平行する鉱脈で，母岩の選択性が著しく，花崗斑岩中で富鉱体を形成し，脈幅最大3m，脈品位 65% CaF_2 に達する。

造鉱脈鉱物は単純で，ほたる石と玉髄質石英との縞状鉱石で，このほか少量の氷長石と，盤際に鉱染状の黄鉄鉱が認められるにすぎない。

1. 緒　言

昭和31年9月，岐阜県平岩地区のほたる石鉱床調査を行なつたので，その結果を報告する。本地区には平岩鉱山・登尾鉱山の2鉱山がある。いずれも昭和25年以降に開発された鉱床で，きわめて歴史が浅いにもかゝわらず，かなりの生産額を記録した。とくに平岩鉱山は，わが国の代表的なほたる石鉱床の1つとして，昭和29年度全国生産高の 53%，30年度には 78% を占め，同種鉱山のなかでも，もつとも重要な地位を占めている。

2. 鉱業権その他

2.1 平岩鉱山

鉱区所在地：岐阜県武儀郡上之保村鳥屋市・益田郡萩田町笹洞地内

鉱区番号：岐阜県採登 553 号

鉱　　種：金・銀・ほたる石

鉱業権者：東京都中央区銀座東8丁目4，不二鉱業株式会社

沿　　革：本鉱山は昭和 25 年5月に発見され，関東鉱業株式会社の手により開発・経営されたが，昭和28年3月から不二鉱業株式会社に移り，引続き稼行中である。

2.2 登尾鉱山

鉱区所在地：岐阜県武儀郡上之保村鳥屋市，益田郡萩田町笹洞地内

鉱区番号：岐阜県採登 562 号

鉱　　種：金・銀・銅・マンガン・ほたる石

鉱業権者：名古屋市昭和区狭間町 36　渡辺良一

沿　　革：平岩鉱山と同時の発見・開発で，始め上之保村石川某の所有であつたが，昭和 27 年3月現鉱業権者の経営に移り，しばらく稼動ののち昭和 29年 11 月に休山，昭和30年5月再開し，現在に至つた。

3. 位置および交通

平岩鉱山は岐阜県武儀郡上之保村鳥屋市地内にあり，美濃太田市の北方直距 25km，高山線飛騨金山駅の西方

* 鉱床部

直距 6.4 km に位置する。鉱山事務所は上之保村川合にあり，飛騨金山駅—岐阜市間のバス経由地になつており交通は便利である。鉱山事務所から山元までは自動三輪車を通ずる。

登尾鉱山は平岩鉱山の東に隣接し，位置および交通ともに平岩鉱山に準ずる。鉱山事務所は上之保村鳥屋市にあり，川合からバスの便がある。

第 1 図　位 置 交 通 図

4. 地質の概要

本地区を構成する岩石は大略次の通りである（第 2 図）。

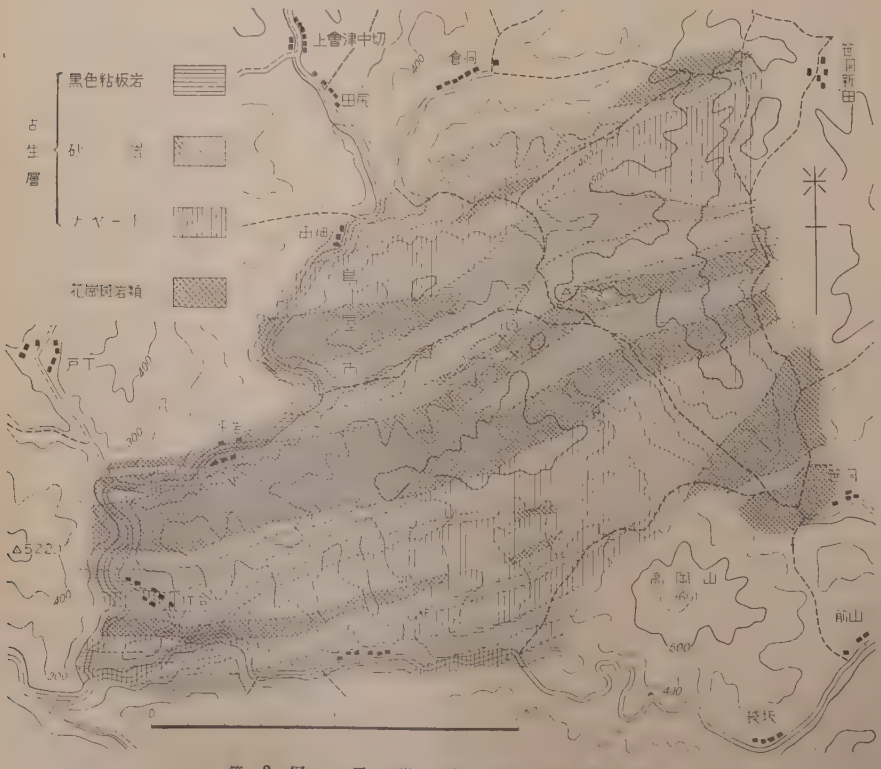
1) 古生層
2) 岩脈類

4.1 古生層

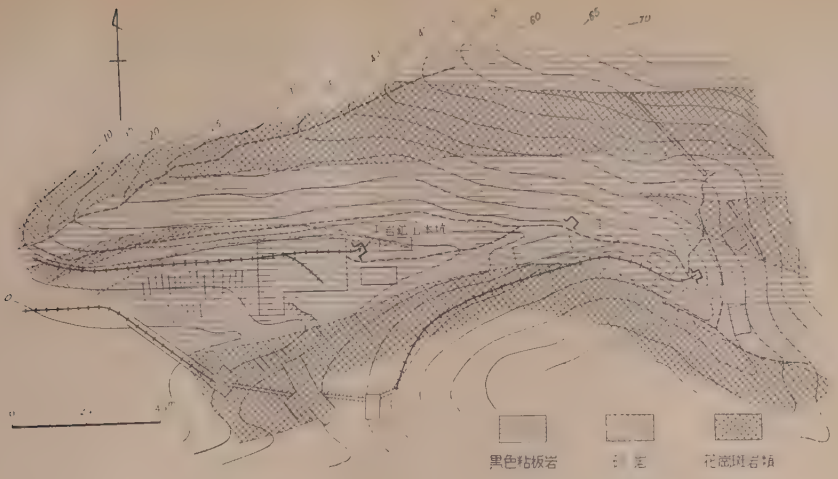
古生層は主として粘板岩・砂岩およびチャートからなる厚い累層で，地域全般にわたつて広く分布する。本地域の基盤となつている最も古い岩層で，まだ時代決定をするに足る積極的なデータに乏しいが，従来岩相上から秩父古生層に対比されているものである。地域西方ではほゞ東西，東方では N65～70° E の走向を有し，60～80° N の傾斜を示す。

粘板岩は平岩鉱山付近および地域南方に比較的広く分布し，黒色石灰質ないし黒色炭質のものが多く，部分的には砂質である。鉱床付近の粘板岩は節理の発達が著しく，層理を識別することは容易でない。なお角礫化作用を受けている部分も多く，かなり複雑な構造を有するもののようである。本岩の一部は岩脈類の貫入により軽度の熱変成作用を受けているが，ホルンフエルスを形成するにはいたつていない。

砂岩は暗灰色堅硬珪質で，黒色粘板岩の角礫を多く含有している。地域内における砂岩の分布は比較的狭く，珪質砂岩のほかにまれにグレーワッケ質のものが地域南



第 2 図　平 岩 地 区 地 質 図



第 3 図　平岩・登尾鉱山付近地質図

方に小規模に分布している。本岩の一部は粘板岩と互層している。

チャートは一般に白色，淡灰色ないし淡青色を呈し，きわめて堅硬緻密である。最も広い分布範囲を有し，層理の発達が顕著であるが，層内褶曲がきわめて激烈で，走向・傾斜の一般的傾向を判定することは困難である。地域南方において黒色粘板岩と互層する部分があり，また地域南方の少合沢，地域北東方の笹洞新田付近には，赤褐色を呈するチャートが比較的によく連続して分布発達する傾向があり，鍵層とし有効なものと考えられる。

なお，チャート層中には多数の小マンガン鉱床が胚胎されているので，本地域内にもマンガンを目的とした旧坑が2，3みられる。

4.2 岩脈類

本地域には多数の岩脈が貫入している。岩脈類は(1)花崗斑岩，(2) 石英斑岩，および(3) 玢岩の3種に大別されるが，いずれも岩床状に貫入したもので，その貫入方向は古生層の走向にほゞ平行する。

花崗斑岩は淡緑灰色を呈し，中粒完晶質で，斑晶に石英・斜長石，および角閃石を有する斑状組織を示す。この地域に分布する岩脈類のなかでは最も広い分布を有し，ほたる石鉱床に関連し，重要な母岩となる。古生層と接する部分では縁辺相を形成し，石英・斜長石の斑晶のみを有する細粒岩となる。

石英斑岩は比較的小規模に地域東方に分布する。肉眼的に淡緑灰色を呈し，斑晶に石英・斜長石を含有するものである。

玢岩は石英斑岩よりさらに小さい岩体で，地域東方に分布している。肉眼的に淡青色を呈し，ほとんど斜長石からなる斑晶を有している。

上に述べた岩脈類はときに捕獲岩を保有し，古生層起源と考えられるチャート・粘板岩等が捕獲されている。

5. 鉱　床

平岩鉱山および登尾鉱山付近の地質は第3図に示した。鉱床は花崗斑岩および粘板岩を母岩とする，2本の平行するほたる石－石英脈で，N 20～40° Wの延長，東方に 65～75° の傾斜を示し，南北約 0.5km にわたつて露頭が点々と連続している。

坑道は平岩鉱山に通洞坑および2番坑の2坑口，登尾鉱山に通洞坑があり，いずれも同一鉱脈を採掘し，ともに下盤鏈を本鏈，上盤鏈を平行鏈と呼称している。他の鉱脈はまだ発見されていない。

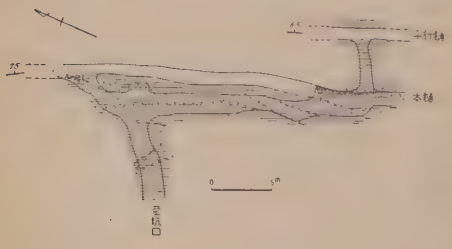
この鉱床は石英脈に伴なつて，ほたる石がその一部に脈状に胚胎したもので，とくに両鉱山付近に比較的よく集中したものと考えられる。両鉱山付近以外の露頭では石英がおもで，ほたる石は散点状に含有されているにすぎない。

平岩鉱山および登尾鉱山の坑内調査によれば，鉱脈は花崗斑岩と粘板岩のなかの割れ目を充塡したものである

第 4 図 a　平岩鉱山通洞坑本鏈

第 4 図 b　平 岩 鉱 山 下 1 番 坑 本 鏈 (−30m 準)

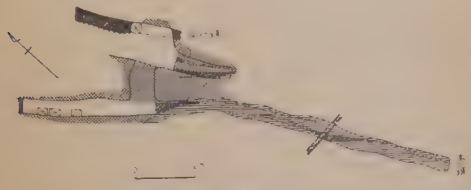
第 4 図 c　平岩鉱山下 4 番坑平行鏈 (−90m 準)



第 4 図 d　平 岩 鉱 山 第 2 坑

が，富鉱部の大部分は花崗斑岩中にあり，粘板岩が母岩となっている場合には網状の単純石英脈となるか，あるいは尖滅して単純な破砕帯となる傾向がある。

調査時に坑内で観察された富鉱部は，本鏈(下盤鏈)・平行鏈 (上盤鏈) ともに延長約 50m で，傾斜方向には地表から 90m 下に及んでおり，さらに下部に連続していると考えられる。従来ほたる石鉱床は一般に浅いものが多く，下部に期待することは往々危険を伴なうと考えられているが，本鉱床の場合は例外的で，鉱脈型式をとるもののなかでは大きいものに属する。



第 5 図 a　登 尾 鉱 山 通 洞 坑

第 5 図 b　登尾鉱山下 1 番坑 (−30m 準)

鉱脈は本鏈・平行鏈ともに鉱床学的に同性質のもので，富鉱部は脈幅 1～3 m，平均脈品位 CaF_2 65% を含有する。鉱脈の上部と下部でも，顕著な差は認められないが，上部がやゝ優勢で，下部では断層により擾乱され採掘上困難な箇所があり，脈幅も下部に行くにつれてやゝ狭くなる傾向がある。しかしこゝで最も重要なことは本鏈と平行鏈の間隔で，地表付近で 6 m，通洞坑地並で 5 m，下 4 番坑で 2 m と下部に行くにしたがつてその間隔を縮めている。今後さらに採鉱が下部に及べばこの 2 本の鉱脈は合流し，単一のほたる石－石英脈になる可能性が強い。

鉱床は前述したようにほたる石－石英脈で，鉱脈の主構成鉱物はほたる石と石英で，このほか少量の氷長石と鉱染状黄鉄鉱が認められるにすぎない。富鉱部におけるほたる石は，幅 10～15cm の数條の鉱條で，薄い石英脈を挟み脈幅一杯に充填されている。ほたる石は紫色・淡紫色・緑色・淡青色・白色等いろいろの色を呈し，結晶形を示す場合が少なく脆弱であるが，結晶面を示すものは 6 面体の自形結晶で直径 1cm 前後のものが多い。

脈石鉱物の大部分は石英で，玉髄ないし蛋白石質で縞状を呈する。氷長石は縞状玉髄質石英脈中の晶洞中に自形で産出する。黄鉄鉱はほたる石－石英脈の盤際，母岩と接する部分に鉱染状に産出する。本鉱脈から産出する唯一の硫化鉱物である。

母岩は一般に軽い珪化作用を受け，粘板岩の一部は緑泥石化作用を受けているが，著しいものではない。鉱脈が断層で擾乱されている所には白色粘土が生成されているが，これはモンモリロン石と同定された。

登尾鉱山の南東方に，本鉱脈の延長と考えられる石英脈が点々と200m以上にわたつて露出し，その一部にほたる石が散点状に認められる。その代表的なものは賀陽鉱山 (探鉱中) 第 1 露頭である。こゝでは鉱脈は玉髄質石英脈で約 4 m の脈幅を有するが，中心部の約 1 m はむしろ母岩が強い珪化作用を受けた部分とみられる。鉱脈走向は N 40° W で東に急斜している。鉱脈の主構成鉱物は玉髄質石英で，ほたる石を散点状に伴なうが，露頭の中心部の沢のなかでは，ほとんど溶解して肉眼的に認め

られず，探鉱坑道でのみ淡緑色のほたる石をみることができる。母岩は花崗斑岩で弱い珪化作用を受け，鉱脈上盤側の一部は断層作用により粘土化され，淡桃色粘土脈となつている。この粘土脈はモンモリロン石と微粒ほたる石との混合物からなつている。盤際の石英脈および母岩は比較的多くの黄鉄鉱を鉱染している。

6. 鉱石および生産高

本鉱床産のほたる石鉱石の2，3の分析値を第1表に掲げた。富鉱部における脈品位は65% CaF_2 に達するが，調査時の採掘品位は42～50% CaF_2 で，手選により塊精鉱（70% CaF_2）を採取し残りは粉砕し，ジガーによる粉鉱（精鉱および並鉱）を得ている。

なお本鉱床産ほたる石についてX線粉末回折試験を行なつたので，その結果を第2表に掲げた。その結果は同時に行なつた五十島（新潟県）・豊栄（大分県）・岩倉（岐阜県）各鉱山産のものと全く一致し $a_0=5.47$Åと計算された。この値は Dana の値 5.463Å に近似した値を示す。

生産高は第3表に掲げた。

第1表　ほたる石精鉱分析値登尾鉱山特粉鉱

CaF_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	SiO_2 (%)
82.28	0.46	14.02
78.28	0.41	20.68
77.62	0.23	19.58
77.62	0.46	20.03
76.52	0.29	20.83
76.46	0.32	21.33
75.72	0.29	20.83

同鉱山ジガー2区鉱石

CaF_2 (%)	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	P (%)	C (%)
77.26	14.66	1.42	0.91	0.019	2.20
73.16	18.66	1.00	1.68	0.027	0.90
78.30	12.62	1.91	1.13	0.020	1.47
78.85	12.26	0.87	1.42	0.020	1.72

（いずれも会社資料）

7. 結　語

平岩地区のほたる石鉱床は，わが国の鉱脈型ほたる石鉱床のなかでは最も大きなものの1つである。現在までの総生産高は 25,000t に近いといわれている。鉱脈の構成は単純で，ほたる石と石英を主とし，少量の氷長石と鉱染状黄鉄鉱を含有するにすぎない。

以上を総合考察すると，今後次の諸点が問題となろう。

第2表　ほたる石のX線粉末回折試験

hkl	平岩鉱山 ほたる石 I	d (Å)	岩倉鉱山 ほたる石 I	d (Å)	豊栄鉱山 ほたる石 I	d (Å)	五十島鉱山 ほたる石 I	d (Å)	AS Tm =5.4626 I	d (Å)
					11	3.50	8	3.49		
111	100	3.16	100	3.16	100	3.16	100	3.15	94	3.153
211					1	2.14	1	2.137		
220	70	1.933	70	1.932	56	1.933	55	1.931	100	1.931
311	20	1.649	30	1.647	20	1.647	25	1.646	35	1.647
222	2	1.579			2	1.578	2	1.577		
400	8	1.367	8	1.365	2	1.367	5	1.366	12	1.366
331			10	1.253	10	1.254	10	1.253	10	1.253
					6	1.251				
422					18	1.115	15	1.1153	16	1.1150
					10	1.113				

第3表　平岩地区ほたる石生産年表

	平岩鉱山		登尾鉱山		全国生産高	
	生産高 (t)	品位 (%)	生産高 (t)	品位 (%)	生産高 (t)	品位 (%)
26年	991	85			3,995	65
27	1,455	80			3,952	72
28	3,200	55	768	72	6,537	60
29	3,244	55	293	65	6,143	61
30	3,961	55			5,205	59

第4表　氷長石のX線粉末回折試験

平岩鉱山産氷長石 I	d (Å)	ASTM I	d (Å)
		20	4.68
80	4.27	60	4.21
20	3.96	10	3.94
50	3.79	40	3.77
10	3.63	20	3.61
25	3.47	20	3.48
40	3.29	100	3.31
100	3.23	80	3.23
35	3.00	40	2.99
15	2.91	20	2.90
10	2.79	20	2.76
20	2.58	60	2.56

1) ほたる石鉱床は，花崗斑岩を母岩とした場合に富鉱部を形成する傾向があるから，登尾鉱山南東方の露頭との間の花崗斑岩地域は，探鉱する価値があると考えられる。

2) 平岩・登尾鉱山では，現在の鉱床の下部で，2本の鉱脈は1本に合流する傾向がある。したがつてさらに下部への探鉱が望まれる。

3) 現在知られている鉱脈に平行する新鉱床発見のための探鉱。

(昭和 31 年 9 月調査)

553.94 : 550.85 (522.2)

佐世保炭田松浦地区日宇北方地域調査報告

古川俊太郎*

Geology of the Northern Area of Hiu, Matsura District, Sasebo Coal Field

by
Toshitarō Furukawa

Abstract

This district is composed mainly of the Ainoura and Nakazato formations which belong to the Sasebo group and of basalt lava flow. This lava flow covers the Sasebo group.

The Sasebo group in this district is about 550 m in thickness, and consists chiefly of white medium sandstone, conglomeratic coarse sandstone, dark-grey shale and thin coal seam. The rock facies remarkably change in this district.

The strike of the group is N 30～60° E, and the dip is NW 4～20°.

The geological structure in this district is monoclinal, and it is cut by several faults.

In the Ainoura formation, there are some special beds such as the Ishitake tuff and several fossil zones. They are the key bed in this district.

In this district, the basal part of the Nakazato formation crops out only in small scale under the basalt flow at 260～270 m above the sea level.

The coal seams are contained in the Ainoura formation. They are about 15 coal seams in number, and the Sasebo and Shin-Hiu coal mines are working.

The coal is subbituminous.

要　旨

本調査は佐世保炭田の南部にあたる日宇北方地域（面積約 6 km²）の石炭地質資料を収集する目的で，昭和30年7月3日から7月 14 日にわたつて実施されたものである。

その結果次のことが判明した。

1) 本地域内に発達する地層は，尼瀉亜層中の俵ケ浦砂岩部層上部（相浦層下部）から，中里層の基底部に至る地層からなり，砂岩を主とし頁岩を挟む互層で，その間に真申化石帯・石嶽凝灰岩層の2鍵層と厚薄約 15 枚の炭層を挟有する。

2) 本地域において新田4尺下層と称する炭層は，石嶽凝灰岩層に伴う炭層のことで，佐世保市南西部地域の新田4尺下層とは異なる。

3) 岡田炭礦（現在休止）で，かつて新田4尺層を採掘したと称する炭層は，その直上 10m 付近から真申化石帯の化石が多数採集されることによつて，モエズ層とみなすべきである。

4) 日野砂岩部層の下部の化石帯は，現在まで発表されたことのない化石帯で，この化石帯に含まれている化石は，主として *Corbicula matsushitai* SUZUKI である。このことは今後相浦層の堆積環境を研究するうえに役立つものと思われる。

1. 緒　言

佐世保炭田の南部にあたる日宇北方地域に対して，昭和 25 年にその地質調査が計画されたが，都合によつて縮尺1万分の1の実測地形図が作成されたにとゞまり，地質調査は実施されるに至らなかつた。よつて，このたび主としてその地域の石炭地質資料を収集する目的で，昭和30年の7月3日から7月14日にわたつて調査を行なつた。なお調査にあたつては，上記の実測地形図のほかに各炭礦で作成した200分の1あるいは3千分の1の坑内図を使用した。

この調査を実施するにあたり，各種資料を御提供くださつた九州大学教育学部野田光雄教授，福岡通商産業局中野技官ならびに種々御支援下された佐世保炭礦に対し深く謝意を表する。

* 福岡駐在員事務所

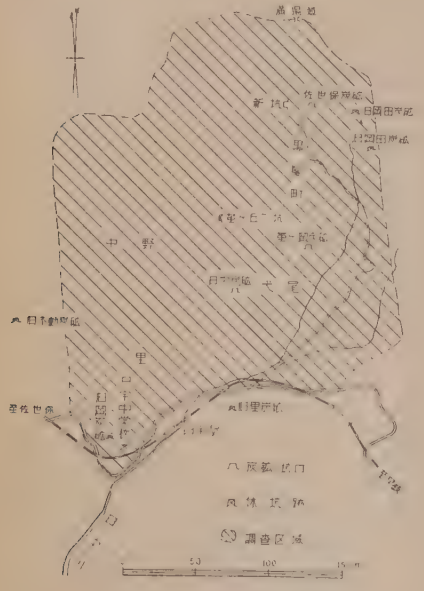
2. 位置および交通

2.1 位置

本地域は長崎県佐世保市黒髪町にあつて，犬尾・小保志儀および中野の諸部落を含み，國鉄佐世保線日宇駅以北，満場越と鳥帽子山とを結ぶ線以南の東西・南北いずれも約 2.5km（面積約 6km²）の区域である。

2.2 交通

佐世保線が地域の南縁部をほゞ東西に走り，調査区域内に日宇駅がある。また地域内は全部佐世保市に属し，とくにその南部は道路もよく発達しているため，交通はきわめて便利である。



第1図 位置および交通図

3. 地形

地域の北縁には，標高 390～450m の東西に延びた山峰が連なり，その西端に 568.3m の鳥帽子山が屹立している。標高 300m 以上は一般に熔岩流に覆われて，所々に懸崖を呈しているが，30m以下は南に 10～15° に傾斜する丘陵性山地である。河川のおもなものは，地域の南縁をほゞ東から西に流れる日宇川である。日宇川の本流は第三系の走向と斜交し，その支流はこれとほゞ直交するが，水量は比較的少ない。

4. 地質

4.1 概説

本地域は，主として佐世保層群の相浦層からなり，一部中里層，沖積層および玄武岩質熔岩流から構成される。この地域における佐世保層群の地表における厚さは約 550m である。

相浦層は広範囲に分布し，当地域における主要炭層である。本層は白色中粒～含礫粗粒砂岩を主とし，薄い頁岩層を挟有するほか，数帯の化石帯と特徴ある石灰凝灰岩層とを挟有している。岩層の変化および偽層が著しい。

中里層については，標高 260～300m の山麓に玄武岩流に覆われて，その基底部付近の砂質頁岩と砂岩とが僅かに露出しているにすぎない。

相浦層は走向 N30～60° E，傾斜 4～20° NW を示す緩い単斜構造を呈し，数本のNW—SE方向の断層によつて切断される。

4.2 各説

本地域の層序は第4図に示す通りで，西部に下位の地層が露出し，北西方面に行くにしたがつて上位の地層となる。各層の境界は整合関係にある。

4.2.1 相浦層

本地域に発達する相浦層はその厚さ約 520m に達し，これを下位から尼潟・鹿子前・但馬岳の3亜層に分け，各亜層をさらに2～3部層に細分した。

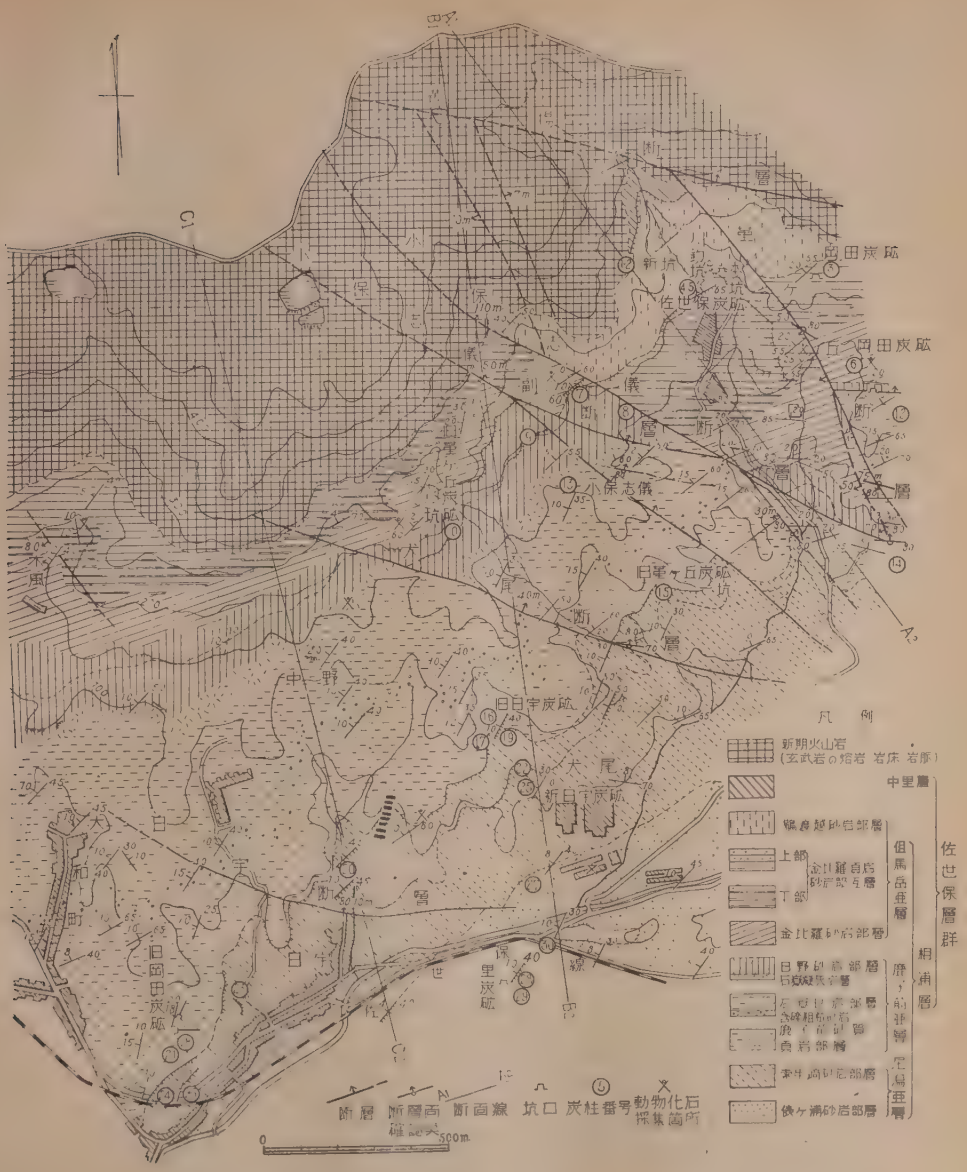
各亜層はおゝむね粗粒砂岩に始まり細粒砂岩に終る1輪廻をなし，各末期には主要炭層が発達している。

尼潟亜層： 本層は相浦3枚層から下位の地層で，本地域に露出しているものの層厚は約 130m である。本層は下から俵ケ浦砂岩部層と索牛崎砂岩部層とに分けられる。

俵ケ浦砂岩部層は地域の南東部に分布し，その層厚は 50m(+)である。その下部は薄層理または厚層理の白色細粒～中粒砂岩で，ときに頁岩の薄層を挟む。上部は暗灰色の頁岩と砂質頁岩および細粒砂岩との互層で，頁岩が優勢である。また佐世保層群における最下位の主要な炭層群を挟有し，最上位には常に5寸炭が賦存している。その上位には，索牛崎砂岩部層最下位の，粗粒ないし礫質の特徴ある厚い砂岩層が懸崖をなして良く連続して発達するので，両層の境界は明確に区別できる。

索牛崎砂岩部層は，日宇駅から犬尾に至る旧道路の北側に懸崖をなして露出し，その層厚は約 85m である。下部は塊状の白色の中粒～礫質砂岩で偽層が発達し，上部は中粒～細粒砂岩で灰黒色の頁岩を挟む。その上半部には数枚の炭層が挟有され，それらのおもなものは下位から8寸炭・相浦4枚層・2枚炭および相浦3枚層である。

本層の下半分の砂岩は他部層のものより厚く，かつ礫



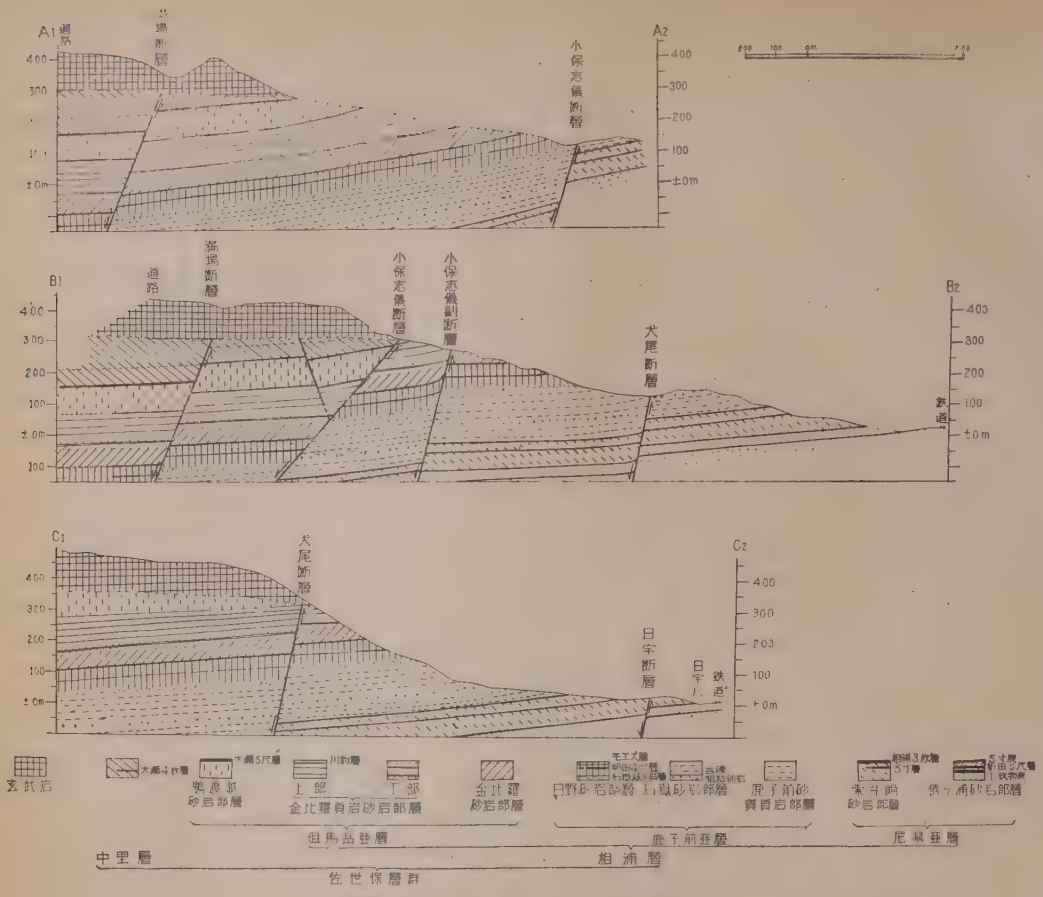
第 2 図　　地　質　図

質で，他と容易に判別できる．

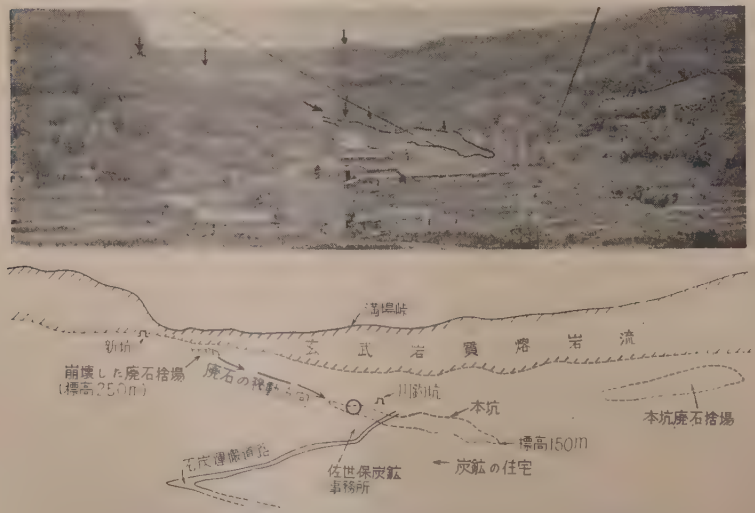
鹿子前亜層：　本層は相浦3枚層の上限からモエズ上層の上限に至る層厚約 230m の地層で，塊状の礫質粗粒砂岩層や石岳凝灰岩層等の特徴ある鍵層を挟む．下位から鹿子前砂質頁岩部層・石岳砂岩部層および日野砂岩部層に細分される．

鹿子前砂質頁岩部層はその厚さ約 50m で，暗灰色の頁岩を主とし，砂質頁岩と細粒砂岩とを従とする密互層で，図版2に示すように偽層を呈する．なお本層の下部には厚さ 15m 内外の灰白色中粒～粗粒の含海緑石砂岩があり，そのなかにしばしば貝化石が含まれている．この砂岩層は普通相浦3枚炭層の直上に位し，1つの有力な鍵層となっている．

石岳砂岩部層は鹿子前砂質頁岩部層の上限から，石岳凝灰岩層の下限にいたる層厚約 90m の地層である．暗灰色の頁岩・砂質頁岩および白色の細粒砂岩からなる互層を主体とし，最下位に厚さ 10m 余りの連続性を有し，かつ特徴ある塊状の礫質粗粒砂岩層がある．この砂岩層



第 3 図　地　質　断　面　図



図版 1　佐世保炭砿付近の地形および新坑の廃石による災害状況 (○印は災害住宅地)

災害状況　1)　4月14日までの佐世保地方に降雨した総雨量は 438mm　　2)　移動廃石量は約 2,500m³, 流出距離約 140m
3)　死亡者 73 名　　4)　社宅 6 棟倒壊埋没, 4 棟を倒壊 (計 53 戸), 倉庫 3 棟を半壊

図　版　2　　鹿子前砂質頁岩部層の堆層状況（日宇小学校西側道路の切割の露頭）

は地形的にも追跡が容易である。なお石嶽砂岩部層の上部には，主として灰白色の中粒～粗粒砂岩が発達し，ときに礫を含むことがある。

日野砂岩部層は，石嶽砂岩部層の上に整合に重なる石嶽凝灰岩層の基底から，モエズ上層の上限に至る層厚約70mの地層で，標高 200m 以上の山腹に懸崖を形成して分布し，地形的にも明瞭に他の地層と区別できる。主として白色塊状の細粒・中粒～礫質粗粒砂岩からなり，ときに下部に頁岩の薄層を挟むほか，上半部に4枚の炭層を挟有する。そのおもなものは下位から新田4尺下層・新田4尺層・モエズ層およびモエズ上層である。最下位の石嶽凝灰岩層はその厚さ3～4mで，主として細粒～粗粒の凝灰岩からなり，礫は小豆大の円礫である。この石嶽凝灰岩層中には3枚の薄い炭層が常に介在し，これらは調査全域にわたつて良く追跡される。また本層直上の厚さ 10～15cm の凝灰質砂岩ないし白色砂岩中には，場所によつて *Corbicula matsushitai* SUZUKI が密集している。本層は佐世保市南西部地域の石嶽凝灰岩層と同一部層とみなされる。

地域西部にある木風部落の南側の沢において，新田4尺層の直上付近に，頁岩・砂岩および礫質砂岩の巨大な亜角礫岩を含み，かつ偽層を呈する厚さ数mの地層が認められる。これは一見不整合を示す基底礫岩のようにもみえるが，資料不足のためこゝではこれらの亜角礫を一応同時礫として取り扱つた。

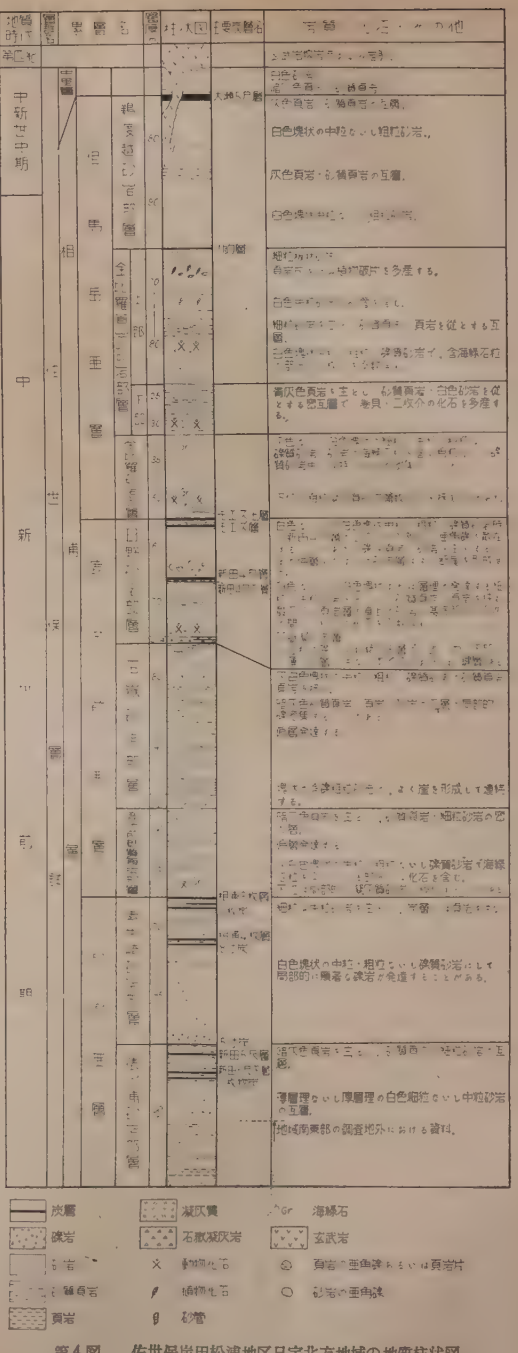
但馬岳亜層： モエズ上層の上限から大瀬5尺層の上限までの層厚約 160m の地層で，厚い層理を呈する砂岩層と塊状白色の細粒砂岩と，頁岩および砂質頁岩との密互層とからなる。砂岩中にはしばしば海緑石粒が含まれ，この含海緑石砂岩中には貝化石が包蔵されている。これがいわゆる長尾巧の真申化石帯である。

本層は佐世保炭鉱以西では標高 200～300m の山腹に分布し，その大部分が玄武岩の岩塊によつて覆われ，露出状況はあまりよくない。本層は下位から金比羅砂岩部層・金比羅頁岩砂岩部層および鵜渡越砂岩部層に細分される。

金比羅砂岩部層はその厚さ 30～50m で，白色塊状の細粒～中粒砂岩と含海緑石礫質粗粒砂岩とからなり，ときに頁岩を挟む。含海緑石砂岩中には貝化石を産する。また基底部に厚さ数 10 cm の凝灰質粗粒砂岩層が発達することがある。

金比羅頁岩砂岩部層はその岩相から上部と下部とに分けられる。

下部はその厚さ 25～30m で，青灰色の頁岩を主とし，暗灰色の砂質頁岩と白色の薄い板状細粒砂岩を従とする



第4図　佐世保炭田松浦地区日宇北方地域の地質柱状図

密互層である。砂岩・砂質頁岩中には巻貝と二枚貝の化石を包蔵する。本層は一般に風化および侵食に弱いため，一般に台地状の地形を呈することが多いので，その追跡は容易である。

上部は厚さ 70～80m で，その下半部は白色塊状の中

粒～礫質粗粒砂岩からなる．上半部は板状の白色中粒～細粒砂岩を主とし，ときに砂質頁岩を伴い，最上位に川釣層がある。砂岩中には海緑石粒や砂管を含有することがあり，含海緑石砂岩からは多数の貝化石が採集される。

鵜渡越砂岩部層：　川釣層の上限から大瀬5尺層の上限に至る層厚 80～90m の地層で，白色の中粒～粗粒砂岩を主とし，ときに頁岩を伴う。本層は小保志儀断層の北側にしか露出していない。

4.2.2　中里層

本層は佐世保炭砿新坑の東側の谷と，その南西約 500 mの谷に僅かに露出しているにすぎない。大瀬5尺層の上盤をなしている暗灰色の頁岩およびその上の灰白色砂岩の一部からなっており，その上位の状況は玄武岩の熔岩に覆われて知ることができない。しかし地質構造からみて，佐世保炭砿付近では玄武岩の熔岩流下に厚さ 60～70mの中里層の存在が推定される。もしこれが事実とすれば，熔岩下には佐世保市西部地域で採掘されている大瀬4枚層が賦存している可能性がある。

4.2.3　第四紀層

本地域内には洪積層は発達しておらず，また沖積層も特記するほどのものはない。

4.2.4　新期火山岩

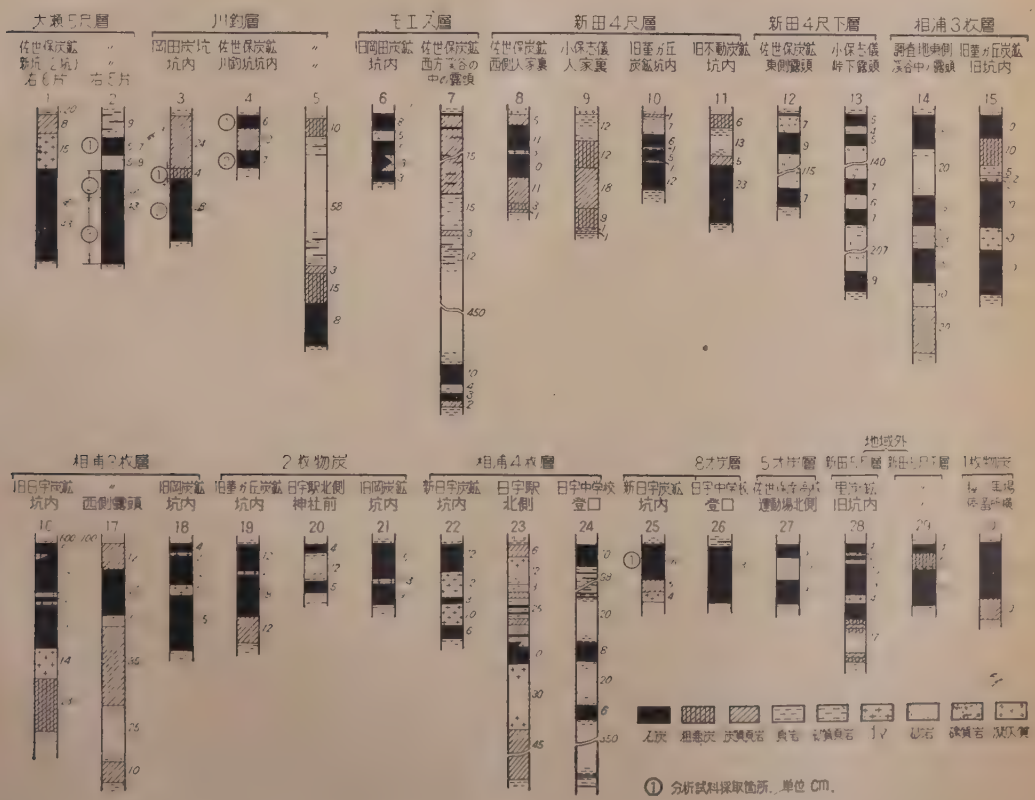
本地域の火山岩は黒灰色の緻密質ないし粗粒の橄欖石玄武岩で，熔岩流と岩脈とからなつている。

熔岩は地域の北部において標高 270m 以上の台地性の山岳をつくり，岩脈は佐世保炭砿本坑の東側において，堇ヶ丘断層に沿う幅 1～1.5m のもの1條である。小保志儀断層以西においては，大瀬5尺層は上記の熔岩によつて欠如されているものと推測される。

4.3　地質構造

調査地域の南東部から北西方向に向かつて，佐世保層群の相浦層と中里層とが発達している。これらの地層はN30～60° Eの走向をもつてNWに5～20° に緩く傾斜する単斜構造を示し，NW—SE方向の数本の断層によつて切断されている。

断層のおもなものは，北から満場断層・堇ヶ丘断層・小保志儀断層・小保志儀副断層・犬尾断層および日宇断層の6條で，ほかに小断層が数條ある。これらの断層はすべて正断層で，地表および坑内において確認または推



第 5 図　佐世保炭田松浦地区日宇北方地域の坑内外炭柱図

定され，堇ケ丘断層が南西側落ちであるほかは，いずれも北東側落ちの階段式断層である。

これらの断層面は，確認できる箇所では 60～80° の傾斜を示すが，小保志儀断層は佐世保炭砿新坑詰において 40～50° の緩い傾斜を示している。著名な賞観断層は佐世保炭鉱本坑の深け先で，かつて確認され，北側落ちで，その落差は約 300m と称せられている。現在この断層は本坑が閉鎖されたためみることができない。

以上の諸断層は玄武岩の噴出前にすでに形成され，それらのあるものは同岩噴出後再活動したものと解される。

満場断層は地域の北東隅をWNW—ESEに走る北側落ちの大断層である。地表においては断層面は確認できないが，佐世保炭砿本坑の水平坑において，かつて確認されており，また本坑と新坑の両坑内図からも明瞭に推定され，その落差は 70～80m である。

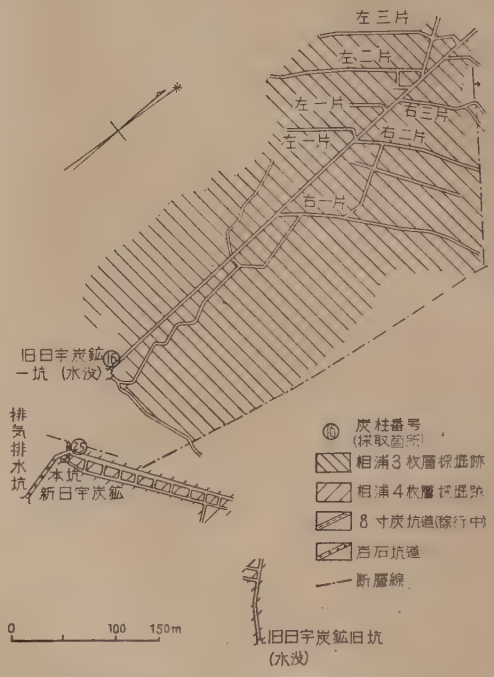
堇ケ丘断層は地域の東辺部において，ほゞNNW—SSEに走る西側落ちの正断層で，佐世保炭砿本坑（水平坑）と同炭砿から東方の満場峠に至る道路および木場部落に至る道路において確認される。その南端は小保志儀断層，北端は満場断層でさえぎられ，その落差は小保志儀断層に接する付近で約 50m であるが，北方に行くにしたがつて減ずるようである。

小保志儀断層は満場断層の南側において，これと約600m隔ててほゞ平行に走つている断層で，新坑詰および木場に至る道路上において確認することができ，また地表における地層のずれによつても明瞭に知ることができる。

この断層は佐世保炭砿南側の川の合流点付近において，小保志儀部落の東側を通る小保志儀剗断層（推定断層）を伴う。これらの落差は B_1—B_2 断面線との交点付近で，前者は約 110m，後者は約 50m と推定される。この断層によつて大瀬5尺層は同断層の西側の地域では C_1—C_2 断面図に示すように，玄武岩に覆われて賦存していないおそれがある。

犬尾断層は地域のほゞ中央をWNW—ESE方向に走る北側落ちの正断層で，その落差は B_1—B_2 断面線との交点付近において約 40m と推定される。地表においては正確な断層面は確認できないが，旧日宇炭砿の北側の峰および北東側の谷において同断層の破砕帯と思われるものがみられる。なお旧日宇炭砿の坑内の深け先では確認されたという。

日宇断層は佐世保南高等学校の運動場付近から，大和町の北側に至る北側落ちの断層で，その落差は C_1—C_2 断面線との交点付近で約 10m である。北西方向に行くに従つて落差を減じ，ついに消滅するようである。まだ断層露頭は確認していないが，炭層露頭線のずれによつて推定される。



第 6 図　旧日宇・新日宇炭砿坑内図

5. 石　炭

5.1 賦存状況

本地域内の炭層は相浦層中に厚薄 15 枚挟有され，一般に 5～20° の緩い傾斜を示す。これらのうちで現在まで稼行されたことのあるものは，下位から新田5尺下層・新田5尺層・8寸炭・2枚炭（相浦4枚層）・相浦3枚層・新田4尺層・モエズ層・川釣層および大瀬5尺層の9枚である。しかし現在稼行中の炭層は8寸炭と大瀬5尺層の2枚で，前者は新日宇炭砿，後者は佐世保炭砿において採掘されている。これらの炭層は大瀬5尺層以外は薄層で，炭質・炭丈ともに変化が多く，普通の場合稼行価値ある炭層とは思われない。しかし各所にこれらの薄層をも採掘したと思われる旧坑跡がみられるが，いずれも石炭の好況時代に採掘されたもののようである。これらの炭層のうち川釣層・相浦3枚層・相浦2枚層の炭層は一部洗い流されている。この洗い流しの方向と幅は，川釣層においては資料不足のため不明の点があるが，相浦3枚層・同4枚層は同一坑内においてほゞ同地点で同時に洗い流しの現象がみられ，N50～60°E の方向を有

第 1 表　各炭層の発達および稼行状況

炭層名	調査箇所	山丈 (cm)	炭丈 (cm)	炭層間距離 (m)	発達状況	稼行状況 炭鉱名	摘要
大瀬4枚層							地質構造上小保志儀断層の以東に賦存が推定される
大瀬5尺層	佐世保炭砿新坑右5片	60	45	50～60	変化少ない	稼行中 佐世保炭砿	小保志儀断層以西は炭層の賦存はのぞめない
川釣層	〃 川釣坑内	36	18	85	水平的・傾斜方向にも膨縮・炭質・炭丈の変化がある	稼行中止 佐世保炭砿 旧岡田炭砿	佐世保炭砿本坑付近において一部採掘されたようである
モエズ層	旧岡田炭砿坑内	33	16	150(+)	〃	稼行中止 旧岡田炭砿	稼行にたえない
新田4尺層	旧薫ヶ丘炭砿坑内	33	26	30(+)	〃	稼行中止 旧薫ヶ丘炭砿	期待しうる炭層ではない
新田4尺下層	小保志儀人家の下	14	10	30(±)	〃	稼行されたことがない	稼行にたえない
相浦3枚層	日宇炭砿坑口	85	35	190(+)	〃	稼行中止 旧日宇炭砿 旧薫ヶ丘炭砿	大尾部落以西は大体排水準以上は採掘済みのようである 一部洗い流しをうける
2枚炭	日宇駅北側	21～25	9～24	5(+)	〃	稼行中止 旧薫ヶ丘炭砿 旧日宇炭砿・岡田炭砿	2枚層はほとんど稼行されたことがない 洗い流しをうける
相浦4枚層	旧日宇炭砿	43	21	17(±)	変化はなはだしい	稼行中止 試掘程度の採掘 旧日宇炭砿	稼行の対象にはならない
8寸炭	新日宇炭砿坑内	25	16	2.5	水平的・傾斜方向にも膨縮・炭丈の変化がある	稼行中 新日宇炭砿	期待しうる炭層ではない
5寸炭	佐世保南高等学校運動場北側	24	12	40(±)	〃	稼行されたことがない	稼行の対象にならない
新田5尺層	里炭砿坑内	51	26	8～6	〃	稼行中止 隣接里炭砿	調査地内には露頭は確認できない
新田5尺下層		27	20	10	〃	〃	〃
1枚物炭	桜の馬場自動車停留所東側	35	25	4	〃	稼行されたことがない	稼行の対象にならない

し，その幅はおよそ 300m(+)，厚さ 6 m(+)，角度は 70～80° と推算される (図版3参照)。なお玄武岩に覆われて炭層の露頭は確認できないが，地質構造から考えて大瀬5尺層より上位の中里層中に大瀬4枚層の存在が推定される。しかしその賦存範囲は小保志儀断層以東に限られるようである (第1図)。

岡田炭砿 (現在休止) で新田4尺層を採掘したと称せられる炭層は，その直上 10m 付近から真申化石帯の化石が多数産出することから，モエズ層とみなすべきである。新田4尺層は断層によつて切断されて地表にはその露頭がみられない。

5.2 炭質

良質の石炭は，新鮮な面では漆黒色を呈し，樹脂光沢を有する。風化度や靱度は一般に弱い。やゝ着火しにくいが，焔は長く有煙炭である。露頭部においては炭質は著しく低下し，暗褐色となる。現在稼行中の炭層の坑内炭の炭種は，日本工業規格による分類 (JIS M1002) ではD級およびC級に属する。比重は大瀬5尺層では平均 1.38，川釣層および8寸炭はいずれも 1.40 である。石炭の分析結果は第2表の通りである。

5.3 炭量

本地域の炭層は大瀬5尺層を除いていずれも薄層で，かつ膨縮著しく，また主要炭層は大部分採掘されているから，炭量は大量に期待できないようである。

6. 稼行状況

上述のように，現在稼行されている炭層は，大瀬5尺層と8寸炭の2枚で，佐世保・新日宇両炭砿によつて採掘されている。これらのほかに各所に旧坑跡があるが，いずれも石炭の好況時代に開坑され，地表から浅い部分

第 2 表　佐世保市比宇北方地域産石炭分析表

1)

採集場所	炭層名	水分 (%)	灰分 (%)	揮発分 (%)	固定炭素 (%)	硫黄 (%)	発熱量 (cal.)	粘結性	炭種
佐世保炭砿本坑坑内	大瀬 5 尺層	4.05	25.07	34.95	39.93	1.49	5574	弱粘結	D
佐世保炭砿新坑坑内	川 釣 層	3.64	16.97	35.26	44.13	0.70	6283	〃	D
旧葦ケ丘炭砿本坑坑内	相浦 3 枚層	2.78	30.10	33.42	33.70	0.50	5314	半粘結	D

分析：通産局佐世保分析所 (1953)

2)

採集場所	炭層名	水分 (%)	灰分 (%)	揮発分 (%)	固定炭素 (%)	硫黄 (%)	発熱量 (cal.)	純炭に対する 固定炭素 (%)	純炭に対する 補正発熱量 (cal./kg)	灰の色	粘結性	比重	炭種
坑内右5片 (No. 1)	大瀬 5 尺層	4.89	22.47	34.17	38.47	3.04	5,773	52.96	7947	淡赤 (褐)	弱粘	1.45	D
〃 (No. 2)	〃	4.78	16.65	37.47	41.10	1.66	6,257	52.31	8107	淡赤 (紫)	〃	1.35	C
〃 (No. 3)	〃	4.42	14.03	39.43	42.12	0.51	6,544	51.65	8136	淡赤 (褐)	凝粘	1.34	C
旧川釣坑内 (No. 1)	川 釣 層	3.35	28.55	36.00	32.10	0.55	5,440	47.14	8265	淡赤褐	弱粘	1.43	C
〃 (No. 2)	〃	3.80	25.55	32.70	37.95	0.55	5,549	53.72	8088	〃	〃	1.45	D
旧岡田炭砿坑内 (No. 1)	〃	4.04	23.75	35.07	37.14	0.52	5,761	51.43	8194	〃	〃	1.42	D
(No. 2)	〃	4.90	10.85	37.70	46.55	0.53	6,697	55.25	8032	〃	凝粘	1.33	D
新日宇炭砿 (No. 1)	8 寸 炭	3.64	17.70	36.51	42.15	3.04	6,333	53.59	8199	淡紫 (赤)	粘結	1.40	C

分析：化学課 (1955)

註) 採集場所の番号は炭柱図参照，灰分の補正率を 1.06 とした。

を採掘したにすぎない。

6.1 佐世保炭砿

鉱業権者　福岡市高宮新川 安部 栄

鉱区番号　長崎県採登 44 号，598 号，305 号

稼行炭層名　大瀬 5 尺層

坑 口 名　本坑・新坑・排気坑・川釣坑

この炭鉱は明治の末期頃佐々村の河野稲作が採登第44号鉱区で開坑し，5～6 年間小規模に採掘した。その後 20 年ほど廃坑のまゝ放置されていたが，昭和 11 年に福岡市の堀市次郎がこれを買収し，旧坑を整備して採掘した。その後鉱業権者は堀ウメに変わり，さらに同 16 年 9 月に現鉱業権者に移つた。現在の新坑（第 2 坑）は昭和 11 年 5 月に開坑，同 14 年 2 月まで稼行されたが以後休止され，昭和 26 年 7 月から再開され，現在に至つた。本坑は昭和 13 年に開坑され，同 14 年から本格的に採炭されたが同 26 年に休坑となり，現在に及んでいる。調査当時，この炭鉱の従業員は職員 28 名，坑内夫 56 名，坑外夫 38 名，合計 122 名である。その出炭状況は，昭和 29 年 1 月～12 月 1,850t（坑内で断層に遭遇し出炭状況不良），昭和 30 年 1 月 1,868t，2 月 2,073t，3 月 2,382t，4 月 16 日まで 1,350t である。しかるに同年 4 月 16 日午後 5 時頃発生した廃石捨場の廃石の流動によつて，5 月と 6 月はその復旧作業を余儀なくされた。調査当時の見込みとしては，7 月からは 2,600～2,700t を出炭する予定であつた。

坑内外の設備のおもなものは次のようである。

坑内：火薬庫 1 棟，事務所 1 棟，変圧器 50kW 3 台，20kW 2 台，巻揚器 50HP 1 台，7.5HP 1 台，排水用タービン 30HP，40HP，7.5HP 各 1 台

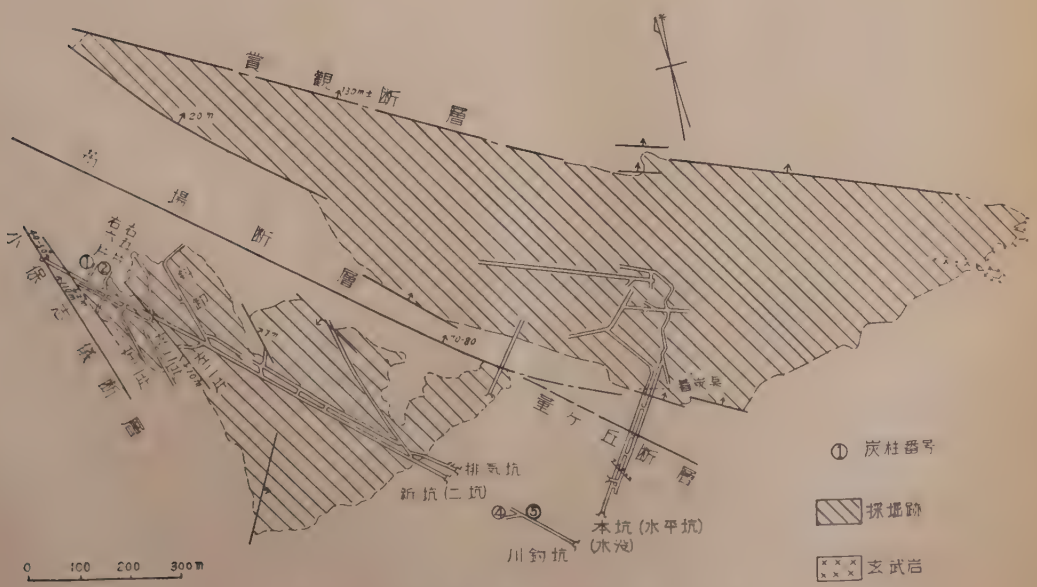
坑外：変圧器 20kW 3 台，巻揚器 50HP，20HP 各 1 台　事務所 1 棟 (100 坪)，宿舎数棟 (500 坪)

採炭方法は発破採炭で，オーガドリル 50W$^{1}/_{2}$ 8 台（掘進に使用），コンベヤー 1 台 (60m) を備え，切羽は現在右 5 片と右 6 片の 2 カ所である。

石炭の運搬および納入先は次のようである

切羽 木製炭函 容積 25t →本卸坑道 巻揚器 50HP 容積 25t →坑外ポケット シュート 300m →原炭ポケット 水洗 能率 1 時間 30t →精炭ポケ

図版3　　相浦2枚層の洗い流しの現象　A炭鉱坑内



第7図　　佐　世　保　炭　鉱　坑　内　図

ット－貨荷自動車 3～5 t ―7km→早岐貯炭場 ―9km→佐世保貯炭場 } 海上船

→関西電力：日発相の浦発電所・三洋パルプ

精炭された石炭の塊炭・中塊炭・粉炭の割合は3：6：10 である。

6.2 新日宇炭砿

鉱業権者　佐世保市清水町　堀市三郎
租鉱権者　佐世保市折橋町　淵江百太郎
鉱区番号　長崎県採（租）100 号
稼行炭層名　8寸炭（炭種C）
坑 口 名　本坑・排気坑

この炭鉱は昭和 30 年5月末から旧日宇炭砿の旧坑を整備し，調査当時卸坑道を掘進中である。従業員は坑内外とも合わせて9名，出炭は1日 1.5t，貯炭量は 20 t で売炭までには至つていなかつた。設備のおもなものは，坑口に巻揚器ヤンマー 6HP 1台，事務所兼倉庫1棟（7.5 坪），巻揚室1棟（2坪），石炭の運搬は 0.3t 積み木製炭車である。当炭鉱では将来排水準上の浅部の採炭を計画している。

7. 探 鉱 方 針

7.1 大瀬5尺層

本地域の炭層には大瀬5尺層を除いては将来期待される炭層はまず認められないようである。佐世保炭砿においては右5片以下の深部の採炭と，左3片および左1片を深部に延ばすことを計画している。しかし新坑は満場断層と小保志儀断層に挟まれた挟長な区域で，現在の卸詰付近からの深け先では両断層が接近することが予想されるので，採炭計画には充分注意を要する。また川釣層・新田4尺層の採掘計画を考えているようだが，石炭の項で述べたような事情によつて，もし実施するにあたつてはこれらの炭層状況を充分に調査する必要がある。

7.2 大瀬4枚層

本層は地表においては玄武岩質熔岩に覆われてみることができないが，地質構造から推定すると大瀬5尺層の上位 50m 付近に，佐世保市西部で採掘されたことのある大瀬4枚炭が賦存している可能性がある。したがつてこの炭層は大瀬5尺層が賦存している小保志儀断層以東の区域にも期待される。その存否を知るには，新坑の坑内右2片または左2片付近に，深度 50～70m 程度の試錐を実施するか，もしくは坑内の斜坑（坑内図参照）を延長して満場断層を貫通すれば，大瀬5尺層と同一層準かあるいは5尺層の座より約 10m 下位に賦存しているものと推定される。

8. 結　語

1) 本地域において新田4尺下層と称せられる炭層は，佐世保市南西部地域によく発達している石嶽凝灰岩層（鍵層）の直上および直下に伴う炭層のことである。

2) 岡田炭砿で新田4尺層を採掘したと称せられる炭層は，モエズ層とみなすべきである。

3) 日野砂岩部層下部の化石帯については，現在までに公表されたことがないので，今後相浦層の堆積環境を研究するうえに役立つものと思われる。

（昭和 30 年7月調査）

文　献

1) 長尾　巧：九州古第三紀層の層序，地学雑誌，Vol. 39, p. 460～464, 1926
2) 松下　久道：芳の浦附近地質調査（概査），炭田開発調査事業総合報告，九州編，1947
3) 松下　久道：九州北部炭田の地質，九州鉱山学会誌特別号，1949
4) 長浜　春夫：長崎県松浦郡平戸島附近の地質，地質調査所月報，Vol. 3, No. 11, 1952
5) 長浜　春夫：佐世保炭田に関する若干の新事実と考察，地質調査所月報，Vol. 4, No. 1, 1953
6) 長浜　春夫：いわゆる佐世保層群の時代について，地質学雑誌，Vol. 59, No. 695, 1953
7) 野田　光雄：佐世保炭田南部地区地質調査（概査），炭田開発調査事業総合報告，九州編，1948
8) 野田光雄，山崎達雄：佐世保炭田東北部に於ける佐世保層群の層序，九州鉱山学会誌，Vol. 18, No. 10, 1950
9) 野田光雄，山崎達雄：佐世保周辺に於ける相の浦層中の炭層の発達状況について，九州鉱山学会誌，Vol. 20, No. 5, 1952
10) 野田光雄，山崎達雄：杵島・西彼杵・佐世保3層群の層位関係，地学雑誌，Vol. 59, No. 694, 1953
11) 野田光雄，朱雀智介：芦屋・西彼杵・佐世保3層群の層位関係について，地質学雑誌，Vol. 61, No. 715, 1955
12) 竹原　平一：佐世保炭田の堆積環境，地質学雑誌，Vol. 58, No. 682, 1952
13) 上治寅次郎：北松炭田地質図及び同説明書，1938
14) 山崎　達雄：唐津・佐世保炭田の関係，地質学雑誌，Vol. 59, No. 694, 1953
15) 弥吉　久外2名：長崎県佐世保市早岐町北西―北東の古第三系について，地質学雑誌，Vol. 58, No. 682, 1953

552.5 : 552.12 (524) 550.82

北海道奈井江試錐コーアの重鉱物組成

佐藤 亘昭*

Heavy Minerals in the Drill Core at Naie District, Sorachi-gun, Hokkaidō

by
Yoshiaki Satō

Abstract

Geological sequence of the core is as follows :

Alluvium	0～49.4 m	
Neogene (Takikawa formation)	49.4～241.8	
Paleogene (Coal-bearing strata)	241.8～	(in depth)

Forty-eight sandstone samples from the Naie drill core were analysed to obtain the heavy mineral data.

The Takikawa formation is characterized by abundant mafic minerals such as hornblende, hypersthene and augite. The hornblende-pyroxene ratio in the formation is low (1 : 5) in the upper part, but in the lower, the ratio is reverse (2 : 1). The Paleogene coal-bearing strata consist of zircon, tourmaline, garnet and other stable minerals.

A characteristic heavy mineral zone is distinguished between 580 m and 680 m. This zone is characterized by the abundance of anatase and tourmaline, and the presence of allanite and epidote. Zircon is less than 50 %.

According to the results of the seismic survey and the well velocity survey, higher velocities were measured at the depths of over 620 m and 650 m, respectively. It is noticeable that both the depths correspond to the lower part of the heavy mineral zone.

要 旨

北海道奈井江試錐（深度 750m）のコーアから，48個の砂岩の試料を選び，その重鉱物組成を調べた。得られた結果のおもなものは，次の通りである。

1) 滝川層は，普通角閃石と輝石類の量比で，上下2つに区分できそうである。

2) 深度 580m と 680m との間で各種重鉱物の量は，その上下と比較してかなり顕著な差が認められる。このことは，620m 付近を境として 3,200m/sec（第3層）と 4,200m/sec（第5層）の2つの速度層に分けられるという地震探査の結果，および650m 以深で比較的大きな速度値が認められるという坑井内速度測定の結果と比較して興味深い。

1. 緒 言

石狩炭田開発に寄与するため，北海道空知郡奈井江町高島部落において地震探査[3]（昭和28年度）・試錐調査[2]（昭和29年度）が行なわれ，さらに昭和30年度にはこの試錐井を用いて坑井内の速度測定[4]が行なわれた。

筆者は，地層の垂直方向における重鉱物の組成および量的変化を知り，さらに隣接地域との対比を行なう基礎資料を得るため，奈井江試錐のコーアにつき重鉱物分析を行なつた。なお東京大学の飯島東，北海道大学の棚井敏雅[1]が，筆者とは独立に同じコーアの試料について重鉱物組成を調べ，その結果を発表している。

飯島らの研究は，試錐コーア（試料18個）のほか，石狩平野周辺地域の重鉱物についても比較検討を行なつたものである。

2. 位 置

試錐井の位置は北海道空知郡奈井江町字高島部落地内で，函館本線奈井江駅の南西約 4km，奈井江測線の測点 44 付近にある。

3. 地 質

* 燃料部

試錐調査報告によれば，地表から 49.40m まで沖積層，49.40～241.77m まで滝川層，以下が第三紀夾炭層となつている。

地震探査による奈井江測線の解析結果によれば 5 つの速度層に分け，第 1 層 (1,800m/sec) を第四系，第 2 層 (2,300m/sec) を滝川層，第 3 層 (3,200m/sec) を川端統あるいは樺戸層群（石狩層群の一部を含むことも考えられる），第 4 層 (3,500m/sec) を石狩層群，第 5 層 (4,200m/sec) を基盤岩類（中生代または古生代）と推定している。しかし試錐井付近では第 4 層を欠いており，同地点での第 3 層と第 5 層の境界は深度約 620m とされている。

この試錐井における坑井内速度測定調査報告によれば，新第三系と古第三系を境として速度変化が著しく，また深度 650m 以深で比較的大きな速度値が認められたという。

すなわち深部では地層区分と速度区分が一致していないようである（第 1 表）。

4. 試料および研究方法

第 2 表の試料番号の通り，750m のコーアから総計 48 個の試料を選んだ。滝川層は軟弱でコーアの採取率が悪く，試料は 4 個のみで，残りの 44 個は第三紀夾炭層とされているものである。試料は砂岩および礫質砂岩で，砂岩の少ない所では頁岩も用いた。

試料から重鉱物を分離する方法は従前通りである[5]。

得られた重鉱物は馬蹄型磁石により磁鉄鉱を除き，残りをスライドグラスにリゴラック（註1）で封じた。リゴラックはバルサムのように焼く必要がなく，粘性も小さいため鉱物粒が散らず，気包もはいらないので都合が良い。

この標本を偏光顕微鏡下で観察し鉱物種を同定，また移動載物台により透明鉱物を 200～300 個数え，透明各鉱物種の百分率，透明鉱物と不透明鉱物の割合等を求めた（第 2 表）。

5. 結 果

同定した鉱物のうち，おもなものとしては，ジルコン（無色・褐色・紫色）・電気石（緑色・カーキ色・褐色・青色）・ざくろ石（無色・淡桃色・淡赤褐色・淡黄褐色）・普通角閃石・酸化角閃石・紫蘇輝石・普通輝石・黒雲母（赤褐色・褐色・緑色）で，くさび石・金紅石・鋭錐石がこれに次ぐ。形は紫色ジルコンが円磨されているが，他のジルコンは自形，その他の鉱物は角ばつた破片が多い。たゞ鋭錐石は底面に扁平な結晶が集合しており，ときに正方錐のほとんど完全な結晶が認められる。黄鉄鉱には細い結晶の集合および球形のものがみられる。

第 2 表をみて気がつく点は，

1) 242m 以浅（試料 1～4）と 246m 以深（試料 5）では，鉱物組成に著しい差がある。すなわち前者は多量の有色鉱物を含むが，後者はこれに反してジルコン・電気石・ざくろ石等の堆積岩に普通の鉱物を含む。

2) 試料 1，2 は普通角閃石＋酸化角閃石と輝石類の量比が 1：4～1：6 で輝石類が多いが，試料 3，4 ではこの比が 2：1 と逆に角閃石の方が多くなる。

3) 磁鉄鉱が顕著に認められるのは，試料 1，2 のみである。

4) 上部では量的にほとんど重要性をもたない鋭錐石・褐簾石・緑簾石が，下部で急にその量を増す帯がある。この帯は，

鋭錐石 578～685m（試料 33～44）
褐簾石 597～650m（〃 35～39）

註 1) リゴラック 2004 理研合成樹脂 K. K. 製。屈折率≒1.54

第 1 表 従 来 の 結 果

	地震探査 深度 (m)	速度 (m/sec)	坑井内速度測定 深度 (m)	速度 (m/sec)	試錐調査 深度 (m)	地層
1	0～35	1,800	—	—	0～49.4	沖積層
2	35～280	2,300	50～230	2,010	49.4～241.8	滝川層
3	280～620	3,200	230～650	3,560	241.8～	古第三系（夾炭層）
5*	620～	4,200	650～700	4,440		

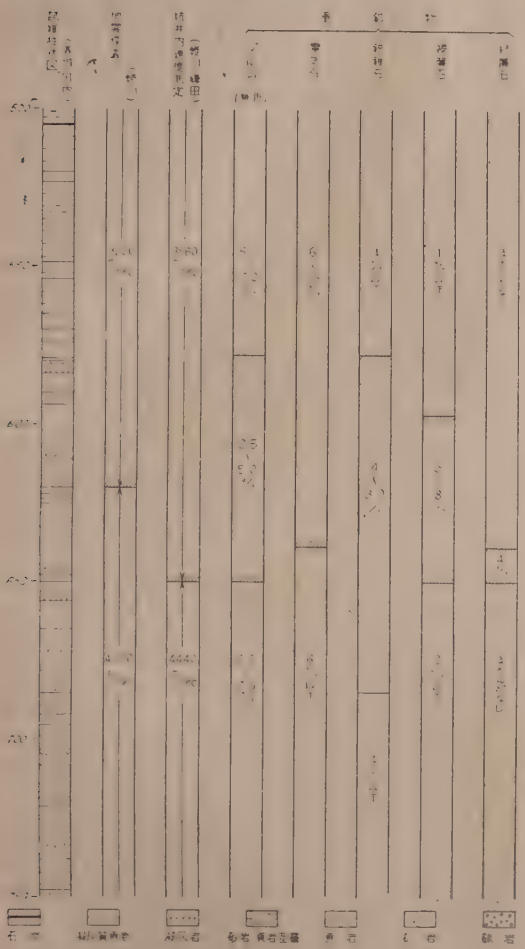
（蟠川・鎌田）

* 試錐地点では第 4 層 (3,500 m/sec) が欠けている

緑簾石　639～650m（試料 37～39）

と大体 580m から 685m の間にある。また，電気石の量が 639m（試料 37）を境として，以深では5％以下であり，それまでの 10％ またはそれ以上と較べ大きな差がみられる。他の重鉱物が増えた結果として，ジルコン（とくに無色）の量が 578m と 650m（試料 33～39）との間で，その上下と較べ，急に減って 50％ 以下となる。しかし，ざくろ石については，このような傾向は認められない。

これらの傾向をまとめたのが第1図である。



第1図　奈井江試錐の主要重鉱物分布図（深度500～750m）

5）　黄鉄鉱は 419m（試料 21）以下ではほとんど問題にならず，僅かに 675m（試料 43）で不透明鉱物中の 42％ を占めるのが目立つのみである。しかし，377m（試料 18）以浅では，しばしば多量の黄鉄鉱が存在し，不透明鉱物の大半を占めることがある。

6）　579m と 597m（試料 34，35）との間で黒雲母が目立つている。

6. 結　論

以上の事実から次のことがいえよう。

1）　試料1～4と5以下の鉱物組成の差は，第1表にみられる通り，滝川層と夾炭古第三系の相違であることが明らかである。すなわち滝川層は，角閃石類・輝石類の火山活動の産物と思われる有色鉱物で特徴づけられ，夾炭古第三系は，ジルコン・電気石・ざくろ石等の堆積岩に普通に伴なわれる安定な重鉱物で特徴づけられる。

2）　試料 1，2と 3，4では角閃石類と輝石類の量比が逆になつている。この特徴をもつて滝川層を上部と下部の2つに分けうる可能性が存するが，隣接地域の試料について，さらに検討してみたい。

3）　第1図にみられるように，鋭錐石・褐簾石・緑簾石・電気石・ジルコン（無色）の量に著しい変化のみられる帯の下限は，地震探査の速度分布上の第3層と第5層の境界深度である 620m，坑井内速度調査で区間速度が 3,560m/sec と 4,440m/sec の 2つの速度層に分けられる深度 650m と，ほゞ一致している。先に述べたように，地層区分と速度区分は一致しないが，重鉱物組成の量的変化からみれば，600～650m付近に1つの境界を認めることができよう。

自生鉱物とみられる鋭錐石が多量に存在する点を考え合せると，当時，物質の供給状況・堆積環境にかなり変化があつたことを示しているようである。

この境界が，地震探査の結果が示す古第三系とその基盤岩類（中生代または古生代）の境界に相当するものか否か，現在のところ，確言しえない[註2]。

（昭和34年3月稿）

文　献

1）　飯島　東・棚井敏雅：石狩平原下の夾炭層の地質時代について―奈井江試錐コーアの重鉱物組成―，新生代の研究，No. 28，1958

2）　河内英幸・春城清之助：北海道奈井江石炭試錐調査報告，地質調査所月報，Vol. 6，No. 12，1955

3）　蛯川親治：北海道奈井江地区地震探査報告，地

註2）　飯島ら[1]は，問題の試錐含炭層を重鉱物組成から“石狩層群型”であるとし，下部と上部ではとくに区別できるような特徴を示さないといつている。また，この含炭層は，しいていえば石狩層群上半部に対比することが可能であると述べている。

第 2 表　奈 井 江 試 錐

Sample Nos.	Core Nos.	Depth (m)	Rock Facies	Reaction to HCl (1N)	Weight Percentage of Heavy Residue	Non-Opaque (%)	Opaque (%)	Pyrite/Opaque (%)	Magnetite/Heavy Residue (%) (wt.)	Zircon			Tourmaline				Garnet			
										col.	br.	p.	gr.	gbr.	br.	bl.	cd.	pp.	prb.	pyb.
1	2A	69	mud. s.		2.9	94	6		10											
2	3	177	f. s.		2.2	86	14		3	+					+					
3	6—16	232	f. s.		1.7	85	15	10		1							1			
4	8—2	242	f. s.		1.7	89	11	15		1										
5	11	246	c. s.		0.44	30	70	84		37	2	5	11		5	+	11	1		
6	17—26	254	f. s.	○	0.07	45	55	45		48	6	5	5		7	+	19			
7	21	261	f. s.	◎	0.07	30	70	1		34	1	1	21	3	11	+	17	1	1	
8	30—15	277	m. s.		0.11	39	61	10		33	1	4	6	2	2	2	16	3	1	
9	37—4	287	c. s.	◎	0.41	8	92	77		51	+	+			+		5	4	5	12
10	51	297	f. s.	◎	0.14	33	67	1		55	1	4	5	2	4	1	19	3	+	
11	56—6	304	m. s.	◎	0.04	17	83	14	+	34	2	3	24	4	8	2	14	1	2	
12	65—8	313	m. s.		0.03	32	68	22		58	3	1	12	2	5		10	+		2
13	80—8	324	f. s.	+	0.05	43	57	2		61	1	6	2	1	4		13	3		3
14	82—4	328	c. s.	+	0.06	34	66	+		39	+	4	10	2	5	3	14	4		4
15	90—8	338	c. s.	◎	0.23	10	90	91		42		3	3	+	+		9	5		+
16	98—2	351	sandy sh.		0.05	58	42	3		64	1	5	4	1	2		8	1		1
17	102-3	358	f. s.		0.18	19	81	94		56	7	5	3		5		14	+		
18	109-2	377	m. s.		0.08	24	76	73		63	2	2	6	2	4		11	2		2
19	112-10	386	c. s.	+	0.02	35	65	1		48	+	5	11	+	3		18	3		+
20	119-23	411	sh.		0.01	29	71	25	+	59	6	3	3		+		4	+		+
21	121-4	419	f. s.	+	0.01	49	51	1		74	+		2	+	4		6			
22	127-19	425	f. s.		0.03	54	46	+		56	1	5	8	2	2		10	2	1	
23	134-30	437	f. s.		0.05	42	58	1		52	+	4	10	3	7	1	9	2	+	
24	144-13	454	c. s.	◎	0.14	26	74	1	+	56	4	2	5	1	2	+	11	2	2	
25	147-3	461	sh.		0.10	29	71	3		55		3	+		+	+	28			
26	150-18	467	f. s.	○	0.01	37	63	11		75	+	1	1		2		7	+	2	
27	162	477	f. s.	○	0.05	35	65	3	+	63	1	2	11	1	3		7	+	2	
28	168-24	484	m. s.	+	0.01	36	64	10		68	1	+	3		3		7	2	1	1
29	172-18	493	f. s.		0.06	39	61	1		53	3	5	6	2	6	+	11	2	2	

重 鉱 物 組 成 一 覧 表

Titanite	Rutile	Anatase	Allanite	Epidote	Chlorite	Biotite rb.	Biotite br.	Biotite gr.	gr. Hornblende	br. Hornblende	Oxyhornblende	Glaucophane ?	Hypersthene	Augite	Other Minerals	Grains Count per Slide
	+								9	8	3	1	41	38		304
	+						1		8	3	3	+	67	17		308
1	1			1					42	16	6	1	14	16		330
				2	+				41	20	4	+	12	19		328
5	1	1			7				2				5	1	5	211
2	2	1	1										3	+	1	356
2	1			3				1					1		2	226
4	3	20											+		3	297
2		+				13	+								3	82
2	1	1	+	+									1		1	366
	4	+													1	169
2	2	3														380
2	1	2											+			344
5	5	5														294
5	+	6				21										67
2	2	6				+							+		3	363
3	+	+													3	93
2	2				2											180
4		1			4		2						+			269
6		+											7		6	68
4	3	2			+										3	119
4	2	3				+									4	352
3	2	2			2										2	338
5	+	+			+		+								8	226
4		+	+												2	61
4	1														6	231
3	1	3	1					1					+		1	350
3	1	2			1	2									5	332
4	1	3			1		+								1	346

Sample Nos.	Core Nos.	Depth (m)	Rock Facies	Reaction to HCl (IN)	Weight Percentage of Heavy Residue	Non-Opaque (%)	Opaque (%)	Pyrite/Opaque (%)	Magnetite/Heavy Residue (%) (wt.)	Zircon			Tourmaline				Garnet			
										col.	br.	p.	gr.	gbr.	br.	bl.	cd.	pp.	prb.	pyb.
30	191	515	f. s.		0.02	44	56	3		65	2	5	6	4	4		8			1
31	198	523	f. s.	◎	0.02	58	42	+		68	2	5	2	2	4		5	2	+	
32	210-2	534	Sandy sh.		0.01	56	44	3		69	2	4	3	2	3	+	9	+	+	
33	229-B	578	m. s.	+	0.03	68	32	7		26	+	+	3		2	+	3	1	2	
34	230	579	c. s.	◎	0.07	51	49	2	+	25	1	1	2	+	1		10	1	2	
35	241	597	m. s.	◎	0.06	30	70	15	+	39	3	5	6	2	3	1	11	2	2	
36	250-2	623	m. s.	◎	0.06	35	65			37	1	3	10	2	4	1	13	8	2	
37	263	639	m. s.		0.05	53	47	1		50	1	4	7	1	2		10	4	3	2
38	264-B	643	c. s.		0.01	59	41	10		51	3	4	2	1	1	+	10	3	5	+
39	273-B	650	m. s.	◎	0.40	25	75	7		50	1	2	3		2		12	5	5	
40	280-1	658	m. s.	○	0.06	33	67	+		72	2	1					1	1	1	1
41	281-2	665	c. s.	○	0.01	57	43	15		68	2	1	+		1		+			
42	285-1	672	m. s.	+	0.01	56	44	8		66	1	1	+		2		9	3	2	
43	287	675	m. s.	○	0.01	61	39	42		77	+	+		+	+		1			
44	293-2	685	c. s.	○	0.06	32	68	+		41	+	1	2	+	3		11	6	2	1
45	296-2	695	f. s.	◎	0.08	53	47	2		68	1	4	2	+	1		11	3	3	
46	316	714	Sandy sh.	◎	0.01	59	41	1		73	2	5	1	1	2	+	9	1	+	
47	321	719	Sandy sh.	○	0.03	59	41			74	3	7	1	+	2	+	8	1	+	+
48	324	724	f. s.		0.03	41	59	1		64	2	5	2	1	2	1	11	3	1	

Reaction to HCl
+ : slight
○ : moderate
◎ : strong

Heavy minerals
col. : colorless
br. : brown
p. : purple
gr. : green
gbr. : greenish brown
bl. : blue
pp. : pale pink
prb. : pale reddish brown
pyb. : pale yellowish brown
rb. : reddish brown

+ : less than 0.5 %

Titanite	Rutile	Anatase	Allanite	Epidote	Chlorite	Biotite rb.	Biotite br.	Biotite gr.	gr. Hornblende	br. Hornblende	Oxyhornblende	Glaucophane ?	Hypersthene	Augite	Other Minerals	Grains Count per Slide
2		3														312
2	3	4						+					+			344
3	1	4														339
1	+	58	1										+		2	447
1		29				7	11	8							1	311
1	1	3	3			6	11	1								331
2	1	9	3		4	+										302
2	1	1	6	3				+						+	3	391
2	2	4	5	4											3	347
	+	+	8	4											8	227
1	1	18	1													446
2		20	1										+		4	266
5	+	6	1												3	209
3		14	+		+										1	153
2	2	29	+													262
2	1	2	2										+			401
2	2	1			+											351
2		2														351
3	1	4														378

質調査所月報, Vol. 6, No. 2, 1955

4) 蛯川親治・鎌田清吉：北海道奈井江試錐井における坑井内速度測定調査報告，地質調査所月報, Vol. 8, No. 3, 1957

5) 佐藤良昭：秩父盆地赤平層（第三系）の重鉱物組成，地質学雑誌, Vol. 61, No. 723, 1955

550.85：627.8 (522.3)

佐賀県玉島川水系松坂ダム調査報告

稲　井　信　雄*

要　旨

玉島川松坂ダムおよび発電所予定地付近の地質調査を行ない，地質学的見地から検討を行なつた。その結果を要約すると，

1)　本計画地点を構成する岩石は，神崎花崗岩類からなり，ダム・発電所等の設置には地質学的に支障はないと思う。

2)　ダム計画地点の花崗岩は，著しい風化作用を受けているため，両岸の「まさ」の部分が厚い。ダム構築にさいしては，堅硬な花崗岩までの厚さを試錐または掘さくによつて確かめる必要がある。

1.　緒　言

佐賀県玉島川の上流松坂付近に，包蔵水力調査計画によるダムならびに発電所設置の計画がある。本地域は背振山系北西部にあたり，その地質については「佐賀県の地質と地下資源」として，10万分の1地質図が刊行されているので，その概要を知ることができる。

筆者は，今回計画予定地付近に対し，主として応用地質学的見地から調査を行なつた。

調査の結果ダムならびに発電所予定地付近は，いずれも神崎花崗岩が広く露出しているため，地質的に難点はないと思うが，この花崗岩は風化作用が著しく，そのために岩石の表面が脆弱であたかも砂層のような感がある。これは一名真砂土（まさ）と呼ばれるが，この厚さがダム構築に問題になると思う。

本調査にはダム付近予分の1，500分の1地形図を使用した。

この調査を行なうにあたり，福岡通産局公益事業部ならびに九州電力K. K. の方々から種々御支援を受けた。ここに厚く謝意を表する次第である。

* 福岡県駐在員事務所

2.　位置および交通

ダム予定地は佐賀県糸島郡七山村藤川の，南東方約4km，観音滝の上流にあたる。発電所予定地は玉島川本流に沿う松坂部落の左岸である。両者とも唐津線浜崎駅の東方10～12kmにして，浜崎—藤川—松坂にはバス道路があり，藤川—観音滝の山道にはジープ，または小型トラックの運行が可能で交通は便利である(第1図)。

第1図　松坂ダム・発電所位置図

3.　発電計画の概要

第1図に示す観音滝の上流にダムを設け，ここから約1.5km 北の玉島川本流に沿う松坂部落地内に発電所を設置する計画である。

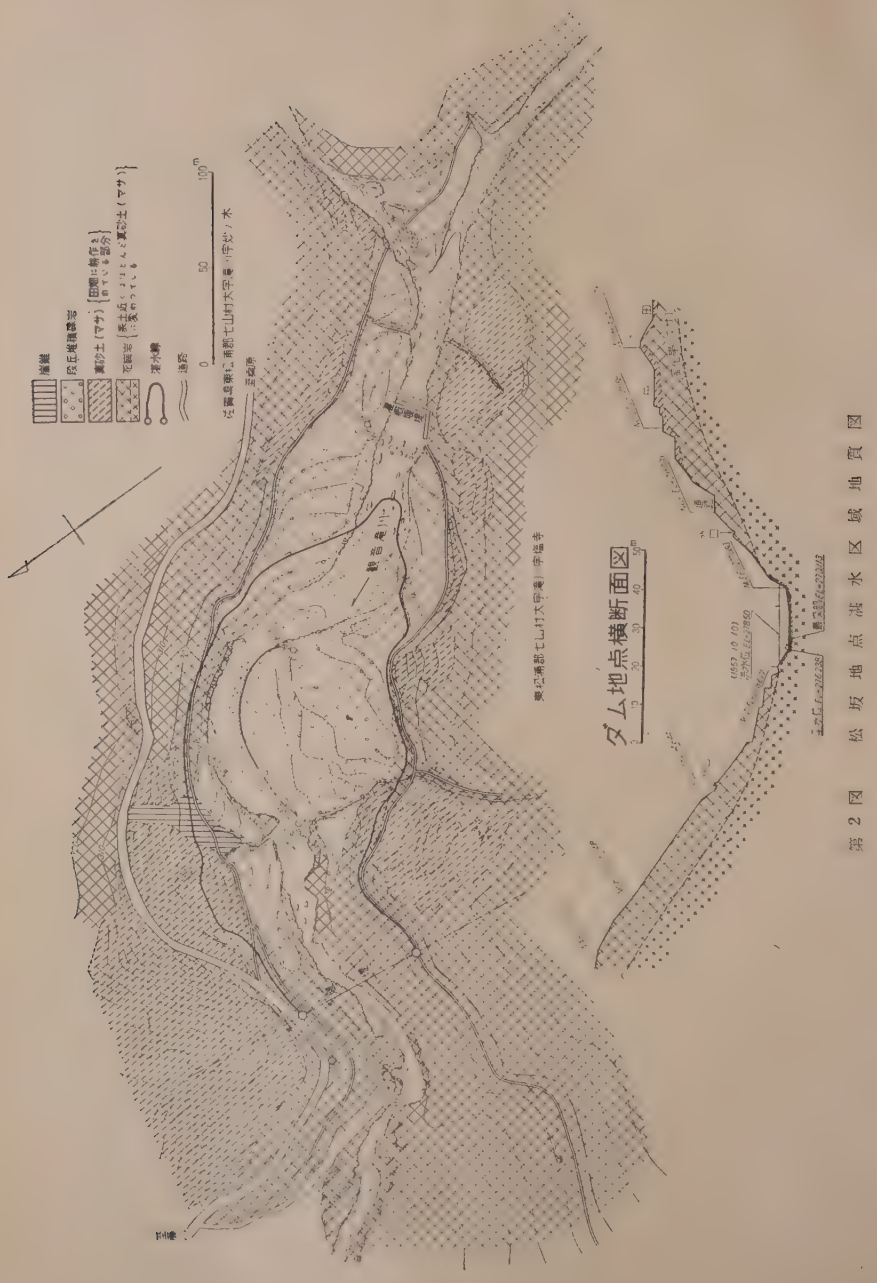
その発電計画概要は第1表の通りである。

4.　地　形

玉島川は背振山系の北西部に源を発し，西流して浜崎から玄海灘に注いでいる。

本地域一帯は海抜500～600mの高度を有するが，花崗岩質岩石からなるため，地形は一般に急峻でない。しかし侵食による溪谷が発達している。玉島川もこの溪谷の1つである。

平坦部は玉島川下流浜崎付近以外はほとんどなく，たゞに山間部落のかたわら山頂部まで耕作されている。



第 2 図　松 坂 地 点 滝 水 区 域 地 質 図

第1表　玉島川水系発電計画表

水系		玉島川	
河川		玉島川	
地点		松坂	
型式		調	
流域 (km²)		29.42	
取水位		294	
放水位 (m)		190	
使用水量 (m³/sec)	最大	4.07	
	常時	0.77	
有効落差 (m)		99.2	
出力 (kW)	最大	3,400	
	常時	460	
年間可能発生電力量 (kWh)		11,597	
ダム	堤高 (m)	22	
	灌水面積 (10^3m^2)	21.39	
	利用水深 (m)	4	
	有効容量 ($1/10^3m$)	64.4	
水路 (m)		(圧) 1,000	
総工事費 10^6円		561.4	

（福岡通商産業局公益事業部提供）

5. 地　質

本地域を構成する岩石は主として花崗岩類からなる。花崗岩類は神崎花崗岩を主とし，その他大小種々の半花崗岩が，部分的にこれを貫いている。谷の丘陵部には花崗岩の崖錐および段丘堆積層がみられる。

5.1 神崎花崗岩

神崎花崗岩はアルカリ長石・石英・黒雲母・角閃石を主成分とする粗粒の岩石で，ときに数cmに及ぶ角閃石の大晶を包有する。部分的には黒色鉱物がdarkinclusionの型で包有している。

半花崗岩は幅数cm～1mの大小の細脈で，不規則にこの花崗岩に貫入している。また一般に風化作用が著しく，かなり深部まで風化されている。この風化部分はさながら砂層のように一名真砂土「まさ」と呼ばれている。

5.2 半花崗岩類

神崎花崗岩に貫入して多数の半花崗岩の細脈がみられる。主として長石・石英からなる細粒の岩石で，脈幅数cm～0.5mに及ぶものあり，その構造は不規則である。

5.3 段丘堆積，崖錐砂礫層

河床付近および低地部には砂・礫からなる段丘堆積層がみられる。礫は大小種々であるが，主として花崗岩礫で円磨されている。また渓谷には花崗岩の巨礫を伴う崖錐堆積層がみられる。これは観音滝ダム湛水地内や玉島川に沿う松坂発電所予定地対岸にもみられる。

6. 応用地質

観音滝ダム付近はV字形渓谷をなし，これを構成する基盤の岩石は神崎花崗岩である。この堅硬な基盤岩は河床に露われているが，両岸の洪水位（海抜278m）より上部は表土または風化された，いわゆる「まさ」で覆われている。湛水域内の河床付近は花崗岩の礫または段丘堆積層である。この花崗岩類は風化作用が著しく，ために風化部分の岩石は脆弱で，あたかも砂層のような感じである。これは一名真砂土「まさ」と呼ばれる。「まさ」と堅硬な花崗岩との境は，漸移的であるか，または境界付近にあたかも堅硬な花崗岩の巨礫をもつたような形をなして変わつて行く。平地部の少ないこの地区では，前述した河岸段丘堆積層のほかに，この「まさ」の部分にも階段状に田畑を耕作している（地質図でこの両者を分けて記載した）。

ダム構築には上述の真砂土「まさ」の厚さが問題になる。「まさ」を剝脱すれば基盤は堅硬な花崗岩で，ダムその他の構造物に対し，地質学的に支障はない。したがつてこの「まさ」の厚さを試錐または掘さく等によつて確かめることが望ましい。ダム地内露岩でこの厚さを確かめることができないが，道路の切取部分ですら5～6m位の「まさ」がみられ，場所によつては，10m以上もあるのではなかろうか。したがつて「まさ」を厚さによつてはダム構築に剝脱する部分が多くなり，セメント，竹材等の嵩むことが考えられる。

松坂発電所付近も花崗岩類で，前者同様の「まさ」の部分があるが，建築物の設置には地質学的難点はないだろう。

湛水ポケットは地形的にあまり大きいものではないが，堤高に対しては，適当な広さだろうと思う。

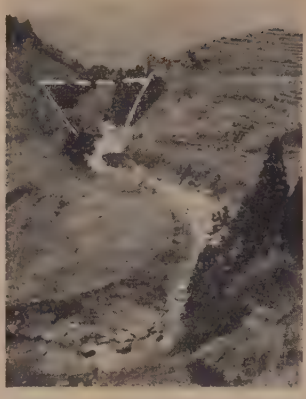
（昭和34年2月調査）

文　献

1)　佐賀県：佐賀県の地質と地下資源，1954
2)　佐賀県：10万分の1地質図，1954

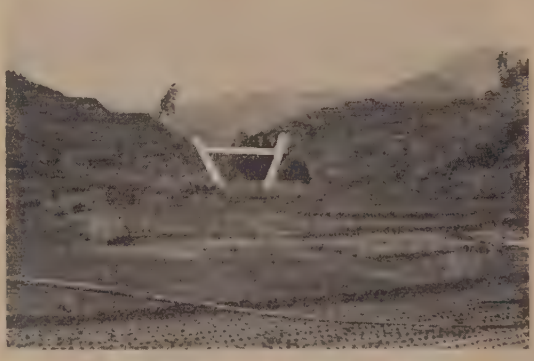
図版1　観音滝（基盤はすべて花崗岩）

図版2　道路端に露われた「まさ」



図版3　ダム予定地点を望む（上流より）

図版4　湛水位地形（ダム予定地付近から上流を望む）



図版5　河岸段丘または「まさ」を利用した耕地地形

図版6　ダム予定地の基盤（白色が花崗岩）左岸山上から河底を望む
洪水位以上は「まさ」（草または樹木が生える）

550.83 (521.28)

千葉県野田市瀬戸における坑井内速度測定調査報告

鎌田 清吉* 立石 哲夫**

要 旨

本地域の地震波速度分布は，大体 2,000m/sec 前後であるが，350～400m 付近に低速度層が，700～800m 付近に高速度層がみられ，これが反射法地震探査における鍵層となることが推定される。

1. 緒 言

本調査は千葉県野田市瀬戸に掘さくされた深度 1,130 mの天然ガス試掘井において，坑井内速度測定を行なつたものである。

実施期間は昭和 33 年3月上旬から中旬までの約2週間である。

その結果，地層を伝わつてくる地震波のほかに，ケーブルその他の径路を通つて伝わつてきたと考えられる地震波が到達し，その判別が困難な記象も少なくなかつた。

将来この地域で地震探査を実施するさいには，深度700～800m までの間の大きな速度層が着目され，これが地震探査の鍵層の1つとして追跡されると考えられる。

調査には筆者らのほかに川嶋 威・高木慎一郎が参加した。

調査実施にさいしては野田市役所および北陸鑿泉株式会社白井彦平氏はじめ，現地関係者の労をわずらわした。ここに厚く謝意を表す。

2. 位置および交通

調査試掘井は千葉県野田市瀬戸にあつて，利根川畔に位置する。

調査地に至るには野田および柏からバスの便がある（第1図）。

3. 調査目的および調査方法

茨城県稲敷郡河内村における坑井内速度測定調査に引続いて本調査を実施し，関東地方の地震探査資料に寄与する目的をもつて実施された。

調査は従来と同様な方法のもとに行なわれた。

第1図 速度測定調査坑井位置図

4. 調査結果

4.1 観測記録

坑井内の各深度において地層を伝わつてくる地震波の初動が，立上りよく記象されれば調査精度の高い結果が得られることは明らかである。しかしながら地層以外の径路を通つて，坑井内の各深度における受振器に到達する地震波が初動を妨害することがあり，これについては従来いろいろの人によつて報告されている。

これらの妨害波として坑井のケーシング，受振器の懸垂ケーブルを伝わつてくる波，坑井内の泥水を伝わつてくる波などがあり，それらの速度は約 5,000m/sec，約 3,000m/sec，約 1,500m/sec といわれている。

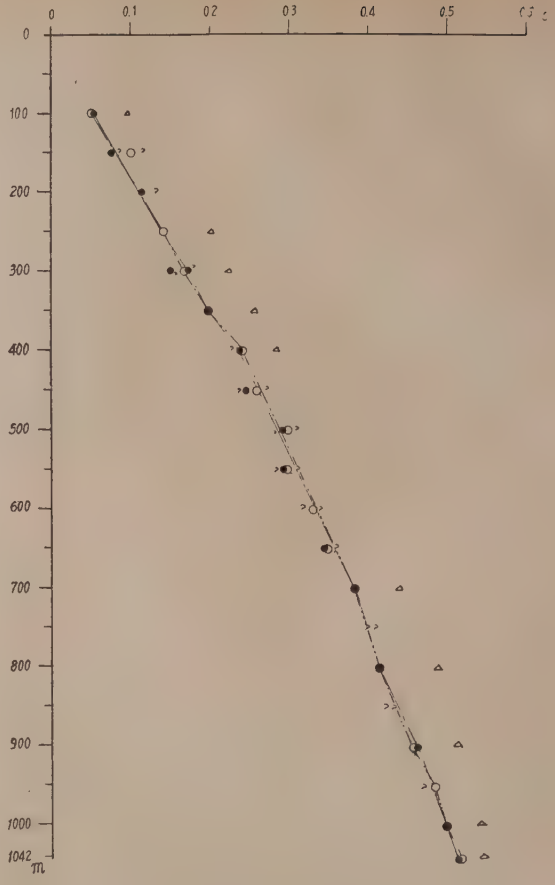
これらの波を抑制するためには記録装置の周波数帯域による分離の方法，坑井と爆発孔との位置関係を変えて抑制する方法などが使われている。

本調査においては記録の取り方は従来の方法と同様であるが，地層以外の径路を経て到達する波が，地層を伝わつてくる波の前に到達し，その判別が困難であつた。妨害波を抑制するためには周波数帯域の変換，火薬量の増減等の方法を試みたが，坑井使用期間にも関係して制約をうけ，地層を伝わつてくる波の初動が一見してわかる記録を得ることは容易でなかつた。

本調査において得られた記象の初動走時を第2図に示す。この記象の特質は地層を伝わつてくる波の前に他の経路を通つて到達する妨害波が見掛け初動として現われたことで，この波は一部地層を通り，しかる後に懸垂ケ

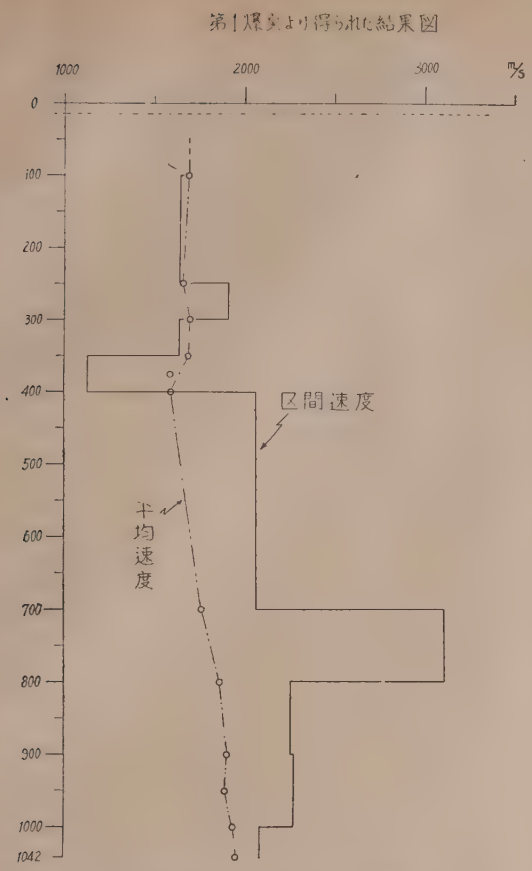
* 物理探査部
** 元所員

第2図 各深度における見掛け初動
● 第1爆点よりの初動
○ 第2 〃 〃

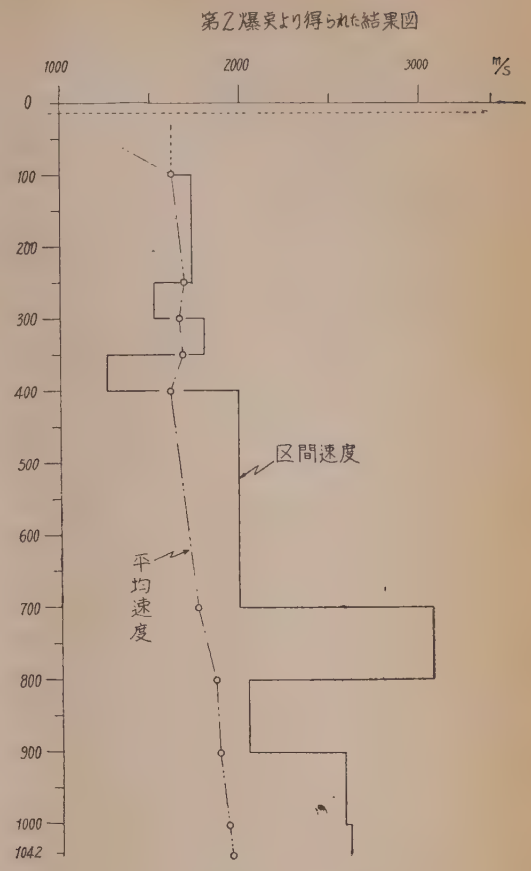


第3図 地層を伝わってきた波の初動図
○ 第1爆点よりの初動
● 第2 〃 〃
△ 解析に採用した各深度の初動時間

第4図 調査坑井および爆発孔位置図



第5図　第1爆点から得られた結果図



第6図　第2爆点から得られた結果図

ーブルを伝わつて受振器に到達した波と思われる。

地層を伝わつてきた波の初動走時として考えられるものを第3図に示し，本調査においては，それらについて解析した。

4.2 補　正

計算にさいして必要な地表付近の低速度層の速度を，試錐井付近に測線を設け屈折法によつて求めた。

その結果，補正計算に用いた浅層の速度を1,540m/secとした。

4.3 計　算

試錐井と爆発孔の位置関係は第4図に示してある。

第1表および第2表は第I爆発点および第II爆発点からの地震波の初動の読みから求めた垂直時間・平均速度・区間速度の表である。

第5図，および第6図は求められた平均速度・区間速度である。

5. 結　論

坑井内の速度は第5，6図からわかるように平均2,000 m/sec 前後であるが，深度350mから400mまでの区間速度，および700mから800mまでの区間速度は大きく変化している。したがつて，この地域において地震探査を実施する場合，この2つの区間内に考えられる大きな速度層が着目され，これらが地震探査の鍵層として追跡されると考えられる。

（昭和33年3月調査）

文　献

1) Dix, C. Hewitt : Seismic Prospecting for Oil. Harper, 1952
2) Emmet, D. Riggs : Seismic Wave Types in a Bore hole, Geophys., Vol. 20, No. 1, p. 53～67, 1955
3) 蟹川親治，鎌田清吉：北海道奈井江試錐井における坑井内速度測定調査報告，地質調査所月報，Vol. 8, No. 3, 1957
4) Symposium on Velocity Surveys : The Oil and Gas Journal, Vol. 51, No. 47, 1953

第1表　I　爆　点

深　度 (m)	補正深度 (−14.1)	垂直時間 (sec)	平均速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)
100	85.9	0.0507	1,690	1,690
150	135.9	?		
200	185.9	?		
250	235.9	0.1423	1,660	1,640
300	285.9	0.1684	1,700	1,910
350	335.9	0.1989	1,690	1,640
400	385.9	0.2433	1,590	1,130
450	435.9	?		
500	485.9	?		
550	535.9	?		
600	585.9	?		
650	635.9	?		
700	685.9	0.3890	1,760	2,060
750	735.9	?		
800	785.9	0.4212	1,860	3,100
850	835.9	?		
900	885.9	0.4656	1,900	2,250
950	935.9	?		
1000	985.9	0.5097	1,930	2,270
1042	1027.9	0.5266	1,950	2,080

第2表　II　爆　点

深　度 (m)	補正深度 (−14.1)	垂直時間 (sec)	平均速度 (m/sec)	区間速度 (m/sec)
100	85.9	0.0530	1,620	1,620
150	135.9	?		
200	185.9	?		
250	235.9	0.1395	1,690	1,730
300	285.9	0.1723	1,660	1,520
350	335.9	0.200	1,680	1,800
400	385.9	0.2395	1,610	1,260
450	435.9	?		
500	485.9	?		
550	535.9	?		
600	585.9	?		
650	635.9	?		
700	685.9	0.3899	1,760	1,990
750	735.9	?		
800	785.9	0.4225	1,860	3,070
850	835.9	?		
900	885.9	0.4714	1,880	2,040
950	935.9	?		
1000	985.9	0.5101	1,930	2,580
1042	1027.9	0.5262	1,950	2,610

地質調査所月報第10巻第4号掲載の立石哲夫外1名：茨城県稲敷郡河内村における坑井内速度測定調査報告に誤りがあるので訂正致します。

頁	行	正	誤
72—(332)	左↑1	深部の方が	深度の方が
74—(334)	左↓1	一致している。浅部については	一致しているが，このことは
〃	左↓11	Zは深度（m）	Zは速度（m）

553.621 : 550.85 (521.73)

京都府船井郡殿田付近の赤白珪石鉱床調査報告

岡野武雄*

要旨

1) 昭和28年11月～12月，京都府船井郡殿田地区の炉材珪石鉱床の調査を行なつた。

2) 調査当時，殿田地区で稼行していた鉱山は，大向山（山口薫三郎，月産150 t）・船岡山（荒木啓三，月産50 t）である。

3) 殿田地区の炉材珪石鉱床も，丹波の他の地区の鉱床と同じく，上盤のチャート層と下盤の輝緑凝灰岩層との間の，レンズ状ないし層状の鉱床である。

4) 殿田地区の珪石鉱床は，丹波の他の地区（酒梨市島・芦淵川合など）の鉱床に較べて，一般に品質が悪く，鉱量も少ない。大向山・船岡山を除いては有力な鉱山はない。

1. 緒言

昭和28年11月から12月にかけて約10日間，いわゆる丹波赤白珪石の産地のうち，京都府船井郡園部町・世木村地区—通常“殿田地区”と呼んでいる—の炉材珪石鉱床の調査を行なつた。

調査にあたつては黒崎窯業株式会社ならびに土井珪石鉱業所，荒木珪石鉱山等から種々の便宜を受けたので，こゝに深謝の意を表する。

なお，調査の対象となつたこの殿田地区の珪石鉱床は丹波赤白珪石の代表的産地である兵庫県氷上郡美和村（酒梨地区），多紀郡篠山町・村雲村（多紀郡地区）の珪石鉱床ととくに異なる点は少ないので，赤白珪石鉱床に共通の事項は，すでに発表されている報告との重複を避けた。

2. 位置および交通

この地区は園部町の北東4～7 km 殿田を中心とした地区で，船岡山・大向山の稼行鉱山のほか，休山・終山の珪石山が数箇所存在している。船岡山は山陰本線殿田駅から南西方へ省鉄街道沿いに約3 km，街道の西側に位置する。大向山は殿田駅の南方1 km，大向山の北斜面中腹に位置する。その他の鉱床の分布位置は第1図に示す通りである。

3. 沿岸および現況

この地区の珪石鉱床は昭和12年頃から開発されたといわれている。数多い珪石鉱床のうち，前記の船岡山・大向山の2鉱山は，鉱床の規模も大きく，かつ品位も良好なので，開発当時からこんにちまで断続しながらも稼行が続けられてきているが，その他の鉱床は一時稼行後，休山または終山となつている。

船岡山は荒木啓三が稼行し，月産50t，労務者5～8名である。

大向山は山口薫三郎が稼行し，月産150t，労務者8名日新耐火へ送鉱されている。

4. 地質

本地区の地質は秩父古生層に属する輝緑凝灰岩・チャート・頁岩・粘板岩・黒色千枚岩および砂岩で構成されている。これらの地層の走向はおゝむねE-W，傾斜はSに急斜しており，見掛上地域の北部が地層の下部となる単斜構造をなしている。顕著な地質構造線としては地区東部の世木村天若付近を，ほゞN-Sに走る断層が認められ，見掛上断層の東側が南に移動している。このほか地域内には小規模な断層・褶曲は数多く認められる。

第1図 殿田付近地質図

地層を大別すると次のようになる。すなわち下部から1）輝緑凝灰岩層（調査地区内では少なくとも3層のチャート層を挟む），2）下部チャート層，3）頁岩・粘

* 鉱床部

板岩・砂岩層（黒色凝灰岩層を挟む），4）上部チャート層，5）頁岩層（砂岩・チャートを挟む）である。以下これらの各地層のうち，赤白珪石鉱床に関係深いものについてのみ述べる。

1）輝緑凝灰岩層

緑色で層理を示すところはみられないが，挟在するチャート層の状況からみて，走向ほぼE-W，傾斜60～80°Sと推定される。本層中，殿田の東方小学校付近および北東方の339.0m三角点の南東の沢付近には，輝緑岩が存在する。輝緑岩は塊状で節理が発達し，方解石の斑点のみられる部分がある。輝緑凝灰岩中には少なくとも3枚のチャートの薄層が挟まれており，調査地区西部では3枚のチャートが認められるが，東部に向かつて尖滅するらしく，世木村字宮村付近では1枚しか認めることができない。

2）下部チャート層

園部町横尾峠付近から東西に延び，世木村天若字沢田付近でN-S方向の前記の断層に切られるまで連続する。

3）頁岩・粘板岩・砂岩層

地域の東西に連続して分布する。この地層はいわゆる赤白珪石鉱床とは直接の関係はないが，本層と前記4）の上部チャート層との境には特殊な珪石鉱床がみられる。

5. 鉱床および鉱石

本地域の赤白珪石鉱床は，いずれもチャート層を上盤とし，輝緑凝灰岩を下盤として両岩層の境に存在する標準型の産状を示すものが大部分である。このような両岩層の境という地質的條件に合致するところは，1）の輝緑凝灰岩層中の3枚のチャート層の下盤側と，2）の下部チャート層と1）の輝緑凝灰岩層との境である。

いま便宜的に輝緑凝灰岩層中の3枚のチャート層を下部，すなわち北部から「3枚目のチャート層」，「2枚目のチャート層」，「1枚目のチャート層」と称することにすると，本地区の珪石鉱床とチャート層とは次のような関係にある。

1）3枚目のチャート層の下盤側に存在する鉱床は，西から大向山・山名大向山（未開発）・神子ケ谷山・堀田ノ谷山・佐古田田ノ谷山の各鉱床である。

これらの鉱床は標準型の産状を示すが，比較的規模の大きな大向山を除いては，鉱体の厚さ2～3m以下の小規模のものである。

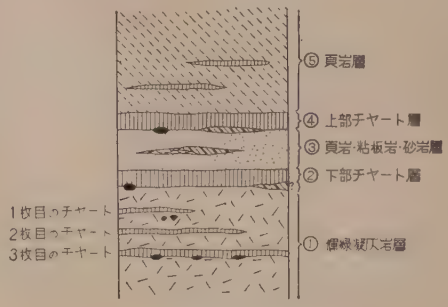
2）2枚目のチャートに伴なう鉱床は知られていない。

3）1枚目のチャート層にはこの地区で最も規模が大きく，かつ品位も良い船岡山の鉱床と，これに近接する森ノ山鉱床，ほか2，3の小鉱床が知られている。船岡山以外の鉱床は休山のため鉱床の状況をみることはできなかつた。船岡山の鉱床はチャート層と接していない点，標準型鉱床とはやゝ異なつている。

4）下部チャート層と輝緑凝灰岩層との境には天若山鉱床が存在する。一応採掘済みのため直接確認はしなかつたが，鉱床の規模は小さいものといわれている。

本地域赤白珪石鉱床の産状の地質的位置は，上記1）～4）の通りであるが，このほかに3）頁岩・粘板岩・砂岩層と，4）上部チャート層との境には，網目状の白色石英脈を伴なつた赤白珪石様の朱色を示すチャートが存在することがあり，この一部（川原山一世木村楽河など）を採掘出鉱したこともあるが，良質の炉材珪石ではないので，僅かな出鉱量で稼行を止めている。

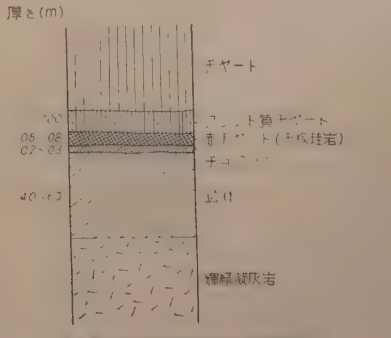
以上述べた地質と鉱床の産状との関係を図で示すと，第2図のように現わすことができる。



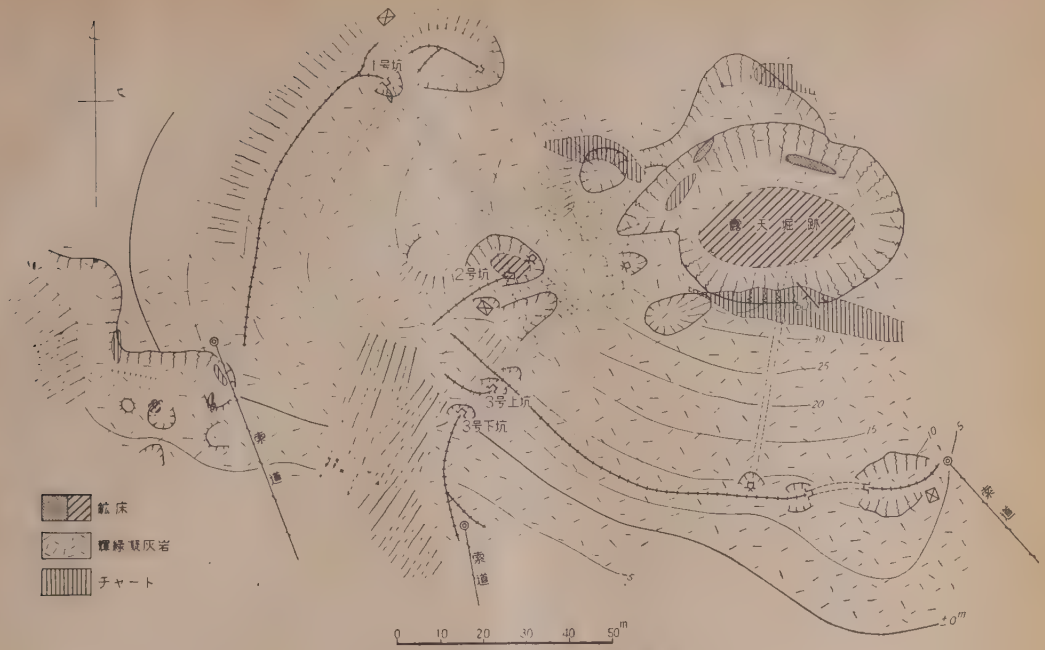
第2図 鉱床と地質との関係図

殿田地区には赤白珪石鉱床の付近に他鉱種の鉱床が知られていないので，それらの鉱床と珪石鉱床との関係は知ることができない。

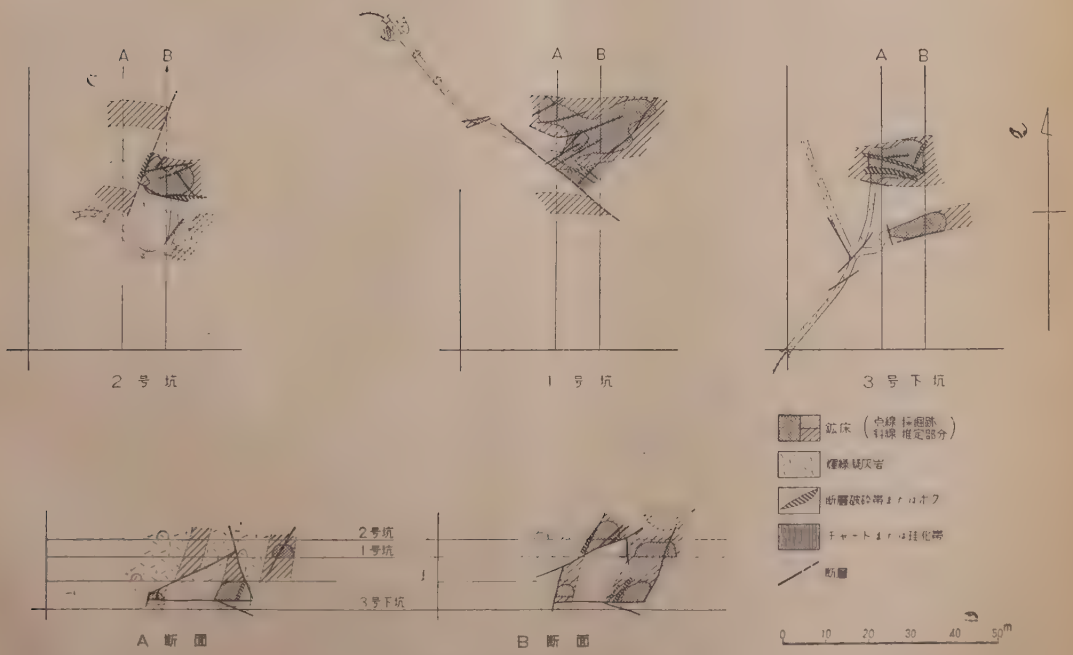
殿田地区の赤白珪石の鉱石は，その多くが珪化不充分の赤色角礫部が多く，脈石英部に乏しい。耐火度もSK 31～32といわれ，主として2級品である。



第3図 大向山鉱床の上下盤詳細図



第 4 図　船 岡 山 鉱 床 地 質 図



第 5 図　船 岡 山 坑 内 図

5.1 大向山の鉱床

大向山の赤白珪石鉱床は，大向山の北斜面中腹に存在し，上盤のチャート層，下盤の輝緑凝灰岩層の間に層状をなして存在する．鉱体は走向 N 75° W，傾斜 35° S を示す。露天掘跡では走向方向に約 20 m，露天掘跡から下部坑道掘上りまで上下に 10m 以上確認され，厚さ 4～6 mの鉱体である。

大向山鉱床のチャート層から輝緑凝灰岩層までを，上下に詳細にみると第3図に示すような配列を示す。図中「チョコバン」と称するものは，赤白珪石鉱床に普通にみられる「黒ボク」といわれるものとほゞ同様のものである[1]。

鉱石は部分的に1級品が存在するが，主として2級品である。

5.2 神子ケ谷山・堀田ノ谷山・佐古田田ノ谷山

これらの鉱床はそれぞれ住野珪石鉱業・堀袖太郎・佐古田松之助らによつて稼行されたが，現在は休山中である。鉱床はいずれも上盤チャート（または千枚珪岩）・下盤輝緑凝灰岩（佐古田田ノ谷山の一部は白色の珪化岩）の間に挟在し，走向NW～N70°W，傾斜40～50°S を示す。鉱体の厚さは2～4 mであるが，走向方向への連続性はいずれも明らかでない。鉱石は赤白珪石であるが，赤色部が多く，充分に珪化せず，白色の脈石英部が少ない。1級品に属する鉱石は少なく，ほとんど2級品のみである。

5.3 船 岡 山

船岡山の珪石鉱床（荒木啓三稼行）は，殿田の南西方 429.6m 三角点の南東方 700m の所にある。この船岡山の鉱床は1枚目のチャート層の下盤側輝緑凝灰岩中に胚胎する鉱床で，標準型の鉱床とは異なつた産状を呈する。かつては野天掘が行なわれたが，現在では坑内掘に移つている。露天掘跡でみられる鉱床の存在状況は不規則で，大小数個の鉱体が認められるが，鉱体相互間の関係には規則性が認められず，鉱体の規模も長径 20～30m，厚さ 10～20m 大のもの，厚さ1mあまりのレンズ状をなすものなど区々である。

坑内の採掘状況から推定すると，この船岡山の主要鉱体はほゞ東西に延びる2鉱体で，層厚は5～10mでともに南に急斜している。また体鉱は無数の断層によつて切断され，最下部の3号下坑道では，ほとんど水平の断層によつて鉱体が切断され，それ以下の部分はまだ探鉱されていない。

鉱石は赤白珪石の良質なもので，1級品を主とする。赤色角礫部は暗紫色を呈し，脈石英との量比もほゞ1：1の好配合を示している。欠点は鉱体内に多くの断層が発達しているため割れ目に富み，塊鉱の採掘実収率が低く，50%止りであることである。

6. 結 論

今回の調査の対称となつた，殿田地区の珪石鉱床群は丹波赤白珪石の，酒梨市島地区・多紀郡地区・芦淵川合地区の鉱床群に較べて，一般に鉱石の品質が悪く，鉱量も乏しい。大向山・船岡山の鉱床を除いては有力な鉱床はないといえる。

大向山・船岡山の両鉱床だけは，他の地区の鉱床に決して劣らず，今後も開発が進められて行くものと考えられる。

（昭和 28 年 11 月～12 月調査）

文 献

1) 岩生周一外2名：丹波地域の炉材珪石鉱床調査報文（総説），地質調査所月報，Vol. 2, No. 3, 1951

553.311 : 550.83 (521.28)

千葉県銚子および飯岡海域海底砂鉄調査

長谷川　博* 他

調査方法　物理探査
調査期間　昭和33年8月23日から17日間
〃　11月13日から11日間
調査者　長谷川博・斉藤友三郎・森喜義・馬場健三・堀本健次・立花栄一・菅野敏夫

要　旨

昭和33年8月下旬から約15日間および11月中旬から約10日間，千葉県銚子市外川町を根拠地として屏風ケ浦および飯岡海域において物理探査を実施した。本調査は前年度より引続き実施中の，海底砂鉄調査を行なうための基礎資料の収集および探査方法の確立を主たる目的として実施したものである。調査方法としてはプロトン磁力計による全磁力測定法を採用した。

屏風ケ浦海域で実施した調査の結果は，名洗町南方沖合付近に東西に分布する磁力異常をみいだした。また飯岡海域で実施した調査の結果では，椎名内浜南方沖合付近に磁力異常をみいだしたほか，今後の海底資源調査にさいして参考となる資料を得ることができた。

（昭和33年8月調査）

* 物理探査部

資　料

551.24：550.34

褶曲期と地殻 ——モハロビッチ層以上の地殻の外帯—— の厚さとの相関関係について*

R. M. Demenitskaya

小西善治訳

最近ソ連および諸外国の文献では，地殻の構造が盛んに論じられている。例えばアカデミー通報，自然（ソ連），自然（イギリス），Geophysics，“Transaction American Geophysical Union” 地殻の内部構造と発達問題，Crust of the Earth 等の諸雑誌および論文集中には，地殻の発生と発達問題に関する理論問題，各構成部分の相関関係，陸地と海洋底の広範な実験的研究の方法論的問題がとりあげられている。

多くの学者は，地殻の構造と発達との合法則性に関する結論を求めるために，蓄積されたデータの解析と綜合を行なつている。

多くの学者は地殻の構造決定を地球の構造要素——陸地と大洋——によつて行なつていることをまず指摘しておこう。このようにして地殻の構造に“大陸型”と“海洋型”の術語をつくつている。大陸型には全陸地に典型的な構造を含み，海洋型には海洋地域に典型的なものを入れている。このような分類は，地震波の伝わりの研究を基礎においている。

この分類法は，最近地震学者がヨーロッパ，アジア，北アメリカ，太平洋，大西洋の各地で行なつている人工大爆発法の地震波の伝わりの研究によつて確認されている。

大陸の地殻は主として3層，堆積層・花崗岩層・玄武岩層に分類されている。花崗岩層および玄武岩層は文献中にたびたび出てくるが，條件的特性を帯びている。ボーリングおよび鉱床開発によつて得られたデータによれば，花崗岩層はその上部が主として堆積岩からなり，その下部が花崗岩・片麻岩・結晶片岩（例えば楯状地域にみられる）からなつている。玄武岩層——いわゆる中間層と呼ばれる——の組成に関する問題は疑問のまゝ残されている。現在のところでは，玄武岩層は変成岩・塩基性貫入岩等があつても，上方層よりも一層緻密な岩石類からなつていることが確かめられている。大陸地域の玄武岩層は，おそらく迸入岩類で主として生成される海洋地域の玄武岩層とは，本質的に異なつていることが考えられる。

大陸の地殻の層厚は平均 35～40 km であるが，個々の場合には 60～75 km に達することがある

すでに以前から太平洋の中心部で考えられていた典型的な海洋底の地殻は，他の海洋地域でも現在明らかにされている。その構造は若干異なつている。しかし規則通りに堆積層の発達は不良でも，玄武岩層上に直接しているが，個々の地域では，橄欖岩層基盤上にのつている。玄武岩層と，それより一層緻密な橄欖岩層とを分かつ地殻の基底深度は，海洋の深い箇所で8～12km（海洋面から）である。いま類似の地震構造の地域では，水深が5～6kmとするならば，橄欖岩を覆つている固有の地殻の堆積層の厚さは，2～7km となるであろう。多くの学者はこのデータを基にして，海盆地域における堆積層は，地殻の表面殻に直接していると考えている。

* P. M. Деменицкая: Зависимость мощности земной коры от возраста складчатости, Советская геология, No. 6, 1958

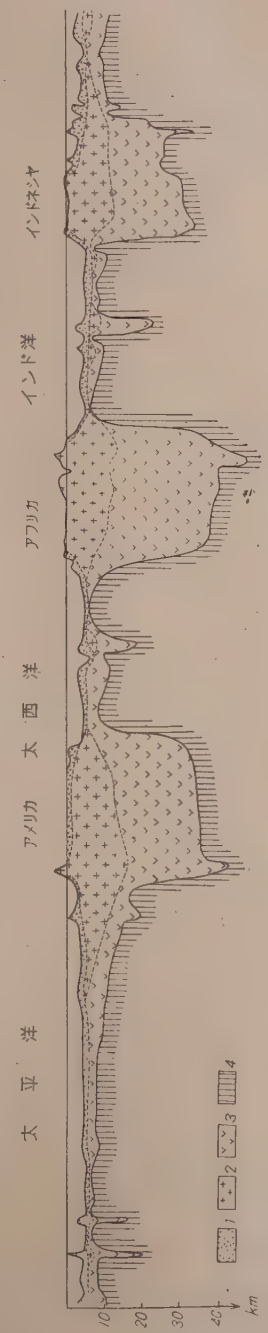
文献中では，大陸殻と海洋殻との代わりに，それぞれシアルとシマ（花崗岩層と玄武岩層）という術語に出会う．しかしこの術語は精確でない。第一に Sweuss の原則的規定によれば，玄武岩は Al の含有量――花崗岩よりも高い場合でも――によつてシアル組成（Si＋Al－主要元素）に入れられることになる。第二には花崗岩はそれ自体陸地の地殻の1構成部分にすぎない。そのうえ花崗岩は陸地の僅かの部分を占めている。陸地にいわゆる玄武岩層が存在しないということは，こんにちに至るまで，どの学者も指摘していない。

この2つの地殻の型以外に，中間型の第3型が存在する。この型は大陸地域と海洋地域とを結ぶ環であつて，そのなかには地殻でみられるあらゆる成分が含まれている。第3型の厚さは10 km 以上で，30 km 以下である。第1図には大陸地域・海洋地域・移行地域の地殻の構造が図式的に示されてある。

このように地殻の厚さが大きな変動――2～75 km にわたる――を示しているので，多くの学者の間で当然次のようなことが問題となつてきた。すなわち (1) 基体の賦存深度の分布にみられる合法則性の解明と，(2) 深度と地球表面の構造――地殻の進化を支配する過程の本質を示す――との関係を求めることである。

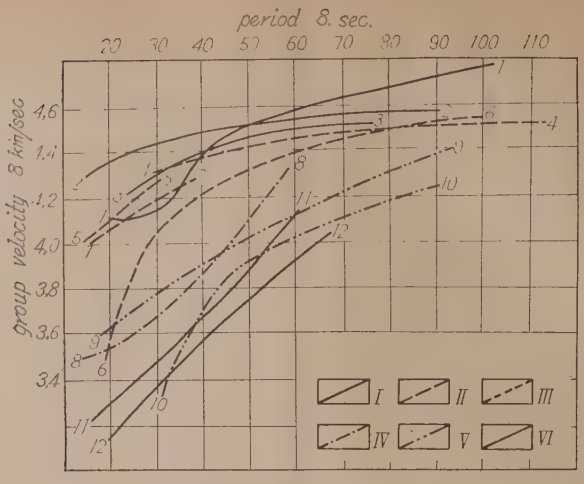
この問題を解明する目的で，B. F. Bonchkovskii は，地震波の研究を（主として）基において，地殻のモハロビツチ層面の起伏図式を作成した。しかし著者はやゝ平均化したデータを利用しているので，この種図式はその後の研究によつて認められなくなつた。

E. F. Savarenskii は 1955 年に地殻構造に関する公表論文中にあげられているデータの総合を行なつた。Savarenskii は地球上の各地のラブ波のグループ速度曲線をつくり検討した。第2図で最小（グループ）速度勾配は太平洋に，最大勾配は大陸地帯を伝わつてくるラブ波に認められる。この事実によると次のように結論される。すなわち海洋地域，とくに太平洋底は陸地よりも地殻の厚さが薄い。Savarenskii は Stounly, Tillotson の論文を引用して花崗岩層と推定される地殻の上部層の厚さが約 13 km であるが，次層，すなわち玄武岩層が 26 km であると決定している（大陸のラブ波の観測に基づく地殻の2重構造仮説を



1 脆弱な堆積物　2 花崗岩層　3 玄武岩層　4 橄欖岩層

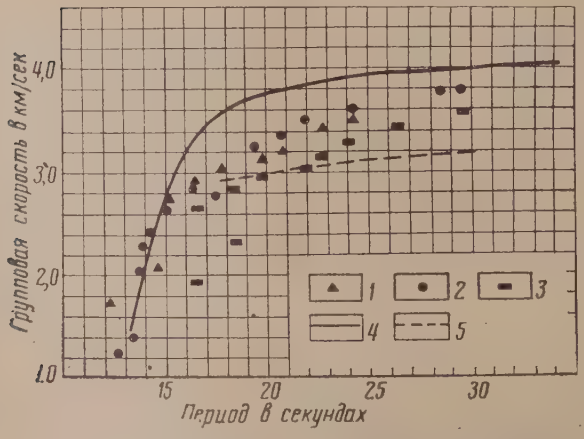
第1図　陸地と海洋の地殻断面



ラブ波のグループ速度

I 太平洋 1 Korder 2 Gutenberg-Richter 3 Gutenberg II 大西洋
4 Willson 5 Gutenberg-Richter 6 Gutenberg III インド洋
7 Gutenberg-Richter IV アメリカ 8 Gutenberg-Richter V 9 Korder
10 Willson VI ユーラシヤ大陸 11 Gutenberg 12 Rorbah

第 2 図 地殻のさまざまな地域における group velocity 曲線



1 1948年2月18日 4 海洋の dispersion 曲線
2 1950年6月5日 5 陸地の dispersion 曲線
3 1951年1月9日

第 3 図 極海を伝わるレイリー波の dispersion

基にしている)。地震観測データによる陸地の標準地殻構造は，次のように決定されている。上方層の厚さは，15±3km，上方層と被覆層との間の中間層は18±4kmである。Stounly のデータによれば，ヨーロッパでは精度の最も高い地殻の上方層の厚さは33kmである。

類似の値は，ユーラシヤ大陸の東半部でも求められている。

レイリー波の伝わりの研究によれば，太平洋底，大西洋底およびインド洋底の構造は，きわめてよく類似していることを示している。第3図には，極地帯を伝わつてくるレイリー波の特性があげられている。このデータは Oliver, Ewing. Press が北極海で行なつたものである。

このデータによると，北極海底を構成する地殻構造は，他の海洋底と類似している。

このようにして，海洋・陸地地域における地殻の構造差は，地震波の観測によつて以前よりは著しく精確に確認されている。この問題に最も寄与しているのは，人工地震観測——大発破法——による地殻の構造の地震学的研究である。

Savarenskii は地震学および地震観測で得られた地殻の構造研究に関するデータをもとめて，地球上の各地域における地殻の柱状断面を作成した。Savarenskii のユーラシヤ大陸の柱状断面をみると次のような結論が得られるようである。すなわちヨーロッパでは，地殻の厚さは，山岳地域で増すが，このような現象は，必ずしも普辺的にみられる現象でない。例えば，Schwartznald（ドイツ）の山岳地帯では，地殻の厚さは 30 km である。

アメリカ大陸の地殻構造をみると，カリフォルニヤ州のモハロビッチ層[註1)]の深度（約 40 km）は一定しているが，上部層と中間層との厚さの分布状態にはなんらの合法則性が認められない。しかし Savarenskii が次のことを指摘しているのは興味がある。すなわちアメリカ大陸での地殻における波の伝播速度は，ユーラシヤ大陸よりも大きく，アメリカ大陸の山岳地帯における中間層の相対的厚さは，またユーラシヤ大陸より厚い。本質的にみて大陸地域の地殻構造に関する普辺的な知識は，現在のところこの程度の結論に止まっている。海洋地域に関しては，大陸地域よりも若干多くのデータがある。

最近の研究結果によると，きわめて珍しい場合を除けば，海洋底は，脆弱な堆積層に始まり，その下部には，厚くない中間層（玄武岩）基盤が横たわつている。またときには厚化堆積物，脆弱な堆積物が硅酸殻上に直接のつていることもある。大陸地域から海洋地域へ移行する地域（大陸棚，陸崖）では，比較的厚層の堆積物（岩），花崗岩層・玄武岩層が存在する。大西洋および太平洋の海溝——プエルトリコ海溝とマリヤナ海溝——は，Savarenskii の見解によれば，表面地殻面の極大上昇地帯にあたつている。この地帯では，脆弱堆積物の厚さは，他の海洋地域と異なつていない。

Bermuda 台地の研究データによれば，この地域では厚い厚化堆積層が発達し，地殻の厚さが増していることを示している。北部大西洋海底山脈は，一見して大陸山脈と異なる生成状態を現わしている。すなわち速度特性によると，海底山脈は，中間層，中性または塩基性岩石層からなつているようである。太平洋のハワイ海底山脈は，弾性波の速度分布によると，中部大西洋の大陸型の生成物に一層近似している。しかしこのような速度値は，火山岩が示すから，観測データによれば，ハワイ山脈はこの種岩石類からなつているはずである。

Savarenskii は，地球上の地震観測データをあらゆる面から検討して次のように述べている。すなわち海洋地域における表面波のグループ速度の測定値，および海洋地域の縦波の伝播速度に関するデータに対応する，グループ速度の測定値とは，相互に著しい差異が認められない。

Oliver, Ewing, Press は，北氷洋の地殻構造に関する上述の考え方を裏付ける新データを最近発表した[註2)]。

著者は，遠隔地震の表面波の Lg 相を研究して，次のような結論に達している。すなわち氷で覆われているカナダ花彩列島地域，Baffin 湾およびデヴィス湾は，大陸構造上に分布している。しかしデヴィス湾の南部——ここでは大西洋の北部海域と接合している——および Baffin 湾の深海部では，このデータの信頼度は低い。このような結論は，上述地域の地質構造に関する Irdli の考え方と一致している。Irdli はグリーンランドの北東沿海地域の氷海地域の地殻構造に関して，次のような結論をだしている。この地域大陸構造は，バレント海（Barents Sea）下に存在する大陸棚に入れられる。

著者は，北氷洋海盆の地殻構造に関してまつたく異なる結論をだしている。北氷洋海盆を横

註 1)　Gutenberg はこの結論に反対している。
註 2)　Crustal structure of the Arctic regions from the L phase Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 66, No. 9, 1955

切って伝わってくる地震波の観測記録には Lg 相を欠失しているので，この地域の地殻構造は，大陸構造と異なつている。さらに第3図にみられるように，この地域では，レイリー波の dispersion 現象が認められる。著者の見解によると，この曲線は，北氷洋海域下の地殻構造が中間層的特性であることを示している。したがつて Ewing および Press は，北氷洋が大陸岩石層上に存在しないと述べている。すなわちこの地域の地殻構造は，大西洋または太平洋の海底堆積物層，または移行構造型と同一であると考えている。Irdli は，その論文中で，北氷洋海域の地殻構造を大陸構造型――充分立証できるようなデータがないことを指摘しているが，――と解釈している。反対に，Gutenberg, Richter は PP/P 波の相関関係から，北氷洋海底が太平洋海底に類似していると推定している。

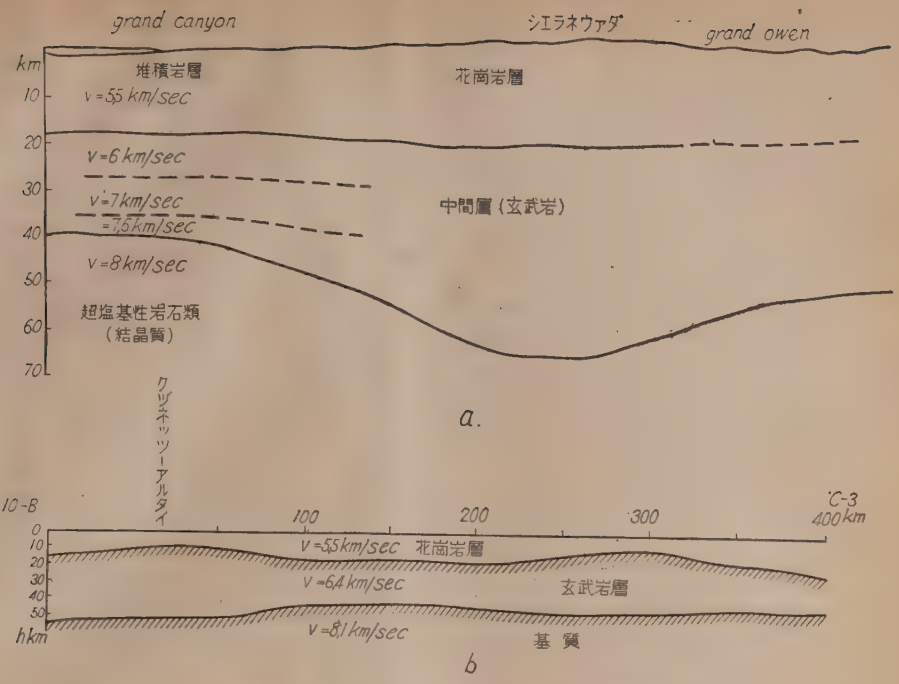
Ewing, Press および Oliver は，沿北氷洋地域で非大陸構造を示す地域が，グリーンランド，ノールウエーおよびイヤーンマイエン島周辺であると考えている。アラスカおよびアリューシャン列島の沿海地域のデータによれば，このように決定できないことを示している。著者はさらにベーリング海の一層深い海域――北部――に関するデータによれば，大陸構造型と著しく異なつていることを考えなければならなくなつている。ベーリング海峡の狭い地域では，大陸地構造の存在が推定される。この地域では，北氷洋海域のデータによると，以前よりも一層新しい現象が観察されているので，その構造が他の海域地域に一層類似しているようである。さらにこのデータは，大洋地域の地殻構造の同一型に関する一般的な仮説――これについては後に触れる――を裏付けている。

Wollard は，最近の論文の1つで，現代地球物理学の重要な課題の1つが地殻構造の大陸型，海洋型構造の Contour を明らかにする課題であることを指摘している。P. N. Kropotkin は現存の地球物理学的，地質学的データを検討し，海洋を――時代的には地向斜地域に先行する――造構造発達の特殊の形態とみなしている。Kropotkin によれば，太平洋の中心部分は，地球の原シマ殻の遺骸であつて，この遺骸が分化してシマ層が除々に発達し，その上に被覆したことが推定される。分化過程のフロントは，太平洋海盆の中心部から全海域にわたつて除々に拡大・移動し，地向斜條件の容ぼうを呈している。Kropotkin の見解によれば，インド洋および大西洋では，シマの分化がさらに進み，陸地に較べてきわめて薄いが，すでに花崗岩殻ができあがつている。これらの海洋地域では，玄武岩層の“窓”が最深箇所に出現している。

以上のように地殻構造の若干の問題を解析したデータを検討したが，これと関連して地殻構造の厚さと非造構構造，とくに古期地表面の起伏との結びつきに関する研究をみてみることが必要である。この問題は Gutenberg[註3)] がとりあげている。

Gutenberg は地震波の研究を基にして，山岳地域における基体には著しい凹地地形が存在するという考えを述べている。Gutenberg はこの凹地帯を“山嶽の根”と呼び，その厚さは，古期侵食凹地面上にそびえる山嶽の高さをはるかに越している。さらにアルプス，シエラネヴアダ等には，この種の根が存在すると述べている。第4図には，Gutenberg が作成したシエラネヴアダの山嶽の断面図――西方 Grand Canyon から東方 Owen Canyon にわたる――がかゝげられてある。このような根の存在は，その後 G. A. Gamburtsev が中央アジアで行なつた深部地震探査法による地殻の地震学的研究によつて確認されている。第4図には Tianshania 北方地域の地殻の断面もかゝげられてある。この地域では，シエラネヴアダのように著しくないがモハロビッチ層面が山嶽の側で顕著に沈降しているのが認められる。Gamburtsev が指摘しているように“山嶽の根”は，花崗岩層の厚さが本質的に減少し，“玄武岩層”が厚くなつているので出現している。この地域では，“玄武岩層”によつて古生代の地層――10～20km の深所に存在する――が一層古期の褶曲系であることが推定される。最近の文献では山嶽の根が“玄武岩質”か“花崗岩層”であるかの問題が論議されだしている。

(註3) Gutenberg B. : Seismological evidence for roots of moutains, Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 54, No. 4, 1943



a　Gutenberg の解釈によるシエラネバダの山岳の根（数字は縦波度を示す）
b　北部　Tian-shania　地域の断面　(Gamburtsuev による)

第 4 図　　山岳の根を示す地殻断面

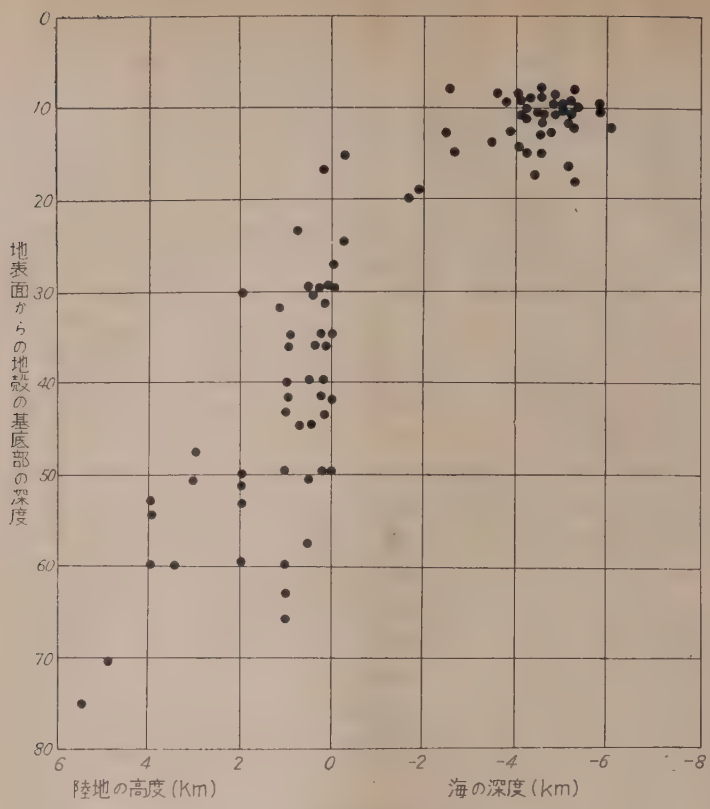
“山嶽の根”に関する問題を要約すると次のようになる。“山嶽の根”に対応する基体の沈降凹地の沈降度は，その規模においてもまた振幅の度合についてもそれに対応する山体をはるかに超している。地表面に露出している部分とモハロビッチ層の沈降度とは，近似的には 1 : 5 の割合で表わされる。トロントで開かれた万国測地地球物理学会の XI 通常会議で，Gutenberg は，シエラネヴアダの南方，テキサスの山嶽地域では，起伏面に対応する“山嶽の根”が現われていないと報告している。類似の現象は，シエラネヴアダの西部山嶽地域でも確認されている。他の地域では，地殻の普通の厚さに比較的僅かの偏移がコロラド州，ユタ州と南アフリカおよびスエーデンとの台地域に認められている。これらの地域は第四紀時代に 1,200～1,500 m の隆起をした地域である。

Gutenberg に始まった研究[註4]は，Wollard および Raitt [註5]に受け継がれ，一層計画的に行なわれている。著者は地球の各地域における地殻の厚さと起伏とを比較している。著者は比較データを詳細に解明していないが，近似的には Airy の地殻均衡説があてはまることを僅か指摘しているにすぎない。

現在のデータを一般化した本論文の著者は，以前よりも多くの数値を基にして第 5 図を作成した。この図からみられるように，現在の起伏と地殻の厚さとの間には，近似的には関連性が現実に認められる。しかしこの相関関係は，現在のところ直線を示さない。すなわち大きなばらつきが認められるが，さらに研究をすることが必要である。

註 4)　Gutenberg B. : Report of the Special committee on the geophysical and geological Study of continent. Trans. Amer. Geophys. Union., Vol. 36, No. 4, 1955

註 5)　Raitt R. W. : Seismic refraction studies of the Pacific ocean basin, Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 67, No. 12, 1956



第 5 図　地殻基底部の深度と起伏面との比較

他の立場，すなわち地殻の厚さとこの地域で起こつた褶曲の成長期との対比の立場から，地殻の研究を行なつた結果をみてみよう。この目的で，第1表を利用する。この表には，地殻構造の地震学的研究に関する基本的なデータおよび各点における地殻の基底深度の模式的図表（省略）がかゝげられてある。これらの図表によれば，各層の研究，例えば Gaskell, Swallow[註6] が除かれ，モハロビッチ層までの地殻の厚さがかゝげられてある。

世界の造構造図と地殻の厚さに関するデータとを比較してみよう。第6図（印刷省略）をみると，陸地で，地殻の最も薄い地域は，規則通り，古期褶曲地域――楯状地域を含む先カンブリヤ古生代台地――で，それに対応する新しい時代の褶曲地域では地殻の厚さは最大値に達する。

地殻の厚さと造構地域とを対応すると現代の研究者によつて明らかにされている短距離の地殻の厚さにみられる著しい変化が解明できる。例えば，西部ヨーロッパの中央部では地殻の厚さは，400～450 km の距離で2倍の変化を示すが，ウラルでは，きわめて複雑な地質履歴を経たが山岳地帯の地殻の厚さの変化は，10%以上にならないであろう。地震学的研究によつて裏付けられていないがわれわれの仮説によれば，“ウラル山地は，クリミヤ山地のように，全く“根”をもつていない。

海洋地域の地殻の厚さの特性は，きわめて顕著である。海洋地域ではすでに述べたように，地殻の厚さは 15～30 km であるが，大洋地域では，8～10km に薄化している。最近の地震

註 6) Gaskell T. & Swallow J. : Seismic refraction experiments in the Indian ocean and in the Mediterranean sea, Nature, Vol. 172, No. 4377, p. 535～537, 1953

学的研究によると，すでに述べたように，全海洋地域の地殻の構造の類似性が確認されている。最近の新しいデータによつて，次の仮説が原則として考えられている。すなわち全海洋地域――そのなかには北氷洋を含む――では，海洋底は到るところ玄武岩質橄欖岩質基盤からなつていないで，この種基盤が断続的に分布している。すなわち太平洋の中央部の島々のように，海底の隆起地帯は地殻の原化地帯に対応し，そこには花崗岩層が出現している。

次に地殻の厚さを一般に行なわれているように地理学的――地理学的には海域と大洋域とに分けるのでなく，造構指標によつて集めてみよう。すると次のような考え方が得られる。すなわち地殻の厚さは，地殻の個々の地域における地質学的履歴で決定され，造構地帯と直接関連性がある。若いアルプス褶曲地帯を縁取る縁辺凹地帯では，地殻の厚さは，平均して先カンブリヤ紀および古生代 Plate-forme とほとんど同一（若干薄い）である。

この問題を他の面からみてみよう。著者は以前に発表した論文中で，ブーゲ anomaly ――重力異常――と地殻の厚さとにみられる本質的な相関関係を利用することを提案した外挿法によると，地震学的研究が行なわれていない地域内のモハロビッチ層の起伏に関する近似的な考えが得られる。その後の著者の研究によれば，この種相関関係には線型から若干偏倚が認められるが，モハロビッチ層の最初の等起伏線図は精確化されている。しかし地殻の超塩基性基盤の変化図にみられる主要な法則は，線型法則を利用した場合と同様にあてはまる。

現在の諸データを利用して第7図（印刷省略）を作成してみると次のような結果が得られる。橄欖岩層の起伏には 100万km^2 の上昇を示す巨隆起地帯，平坦な上昇面，緩傾斜面をもつ地帯，類似の沈降凹地を形成している。極大隆起部分と極大沈降部分との間にみられる起伏の偏倚差は，おそらく 70 km に達するようである。極大隆起地塊は主として南半球に，沈降凹地塊は北半球に分布している。シマ層が地球の表面にほとんどでている隆起地帯は，地球面積の約 20%を占めている。さらに凹地帯――地表面から 35km オーダの深所に沈降している――はまた約 20% を占めている事実に留意すべきである。この2主要起伏形態地帯間には比較的狭い隆起傾斜（面）地帯が分布している。

しかし橄欖岩“構造”――この構造は條件的にこゝでは用いる――とともに，規模は小さいが，上下の変動偏差が同一の礁状隆起・沈降地帯が存在し，上述の主要型の一様性を乱している。

全極大隆起地帯の特徴的な指標としては，線方向に延びている傾向と全海洋地域の“構造”の同型性があげられる。しかし太平洋底は他の海洋底とは異なつているといわれている。しかし太平洋の中心部分ではモハロビッチ層面起伏に若干の不連続面が認められるだけである。しかしこのような状態は，この地域の研究が少なく，データが不足しているためである。太平洋底と他の海洋底とのモハロビッチ層面の起伏間には，著しい対照的な現象が認められない。北氷洋においても，依然としてあまり研究が行なわれていないが，基体は，類似の型態をもつている。

以上の諸現象から次のような結論が誘導される。すなわち太平洋の中央部分の（地球発生当時）原初説は再検討することが必要である。インド洋および大西洋の現在の位置に最近まで大陸が存在していたとすならば，地球の太平洋部分にも，造構造変動を受けた同一特性を認めることができないであろうか。全遊星が同一規模でないが，一様に繰返した過程を地球を構成する地殻の進化とみなして，この問題を取り上げるのが合理的である。現実に，大西洋の現在の位置に存在していた大陸が白堊紀に沈降し，地殻の厚さが現在われわれにとつてわからない，“溶解”過程によつて縮少したとするならば，太平洋が地球上に占めている地域で，類似の過程が起こらないということを裏付けるような重要なデータも存在しない。この観点からすれば，“全く最近において，部分的には，人類の眼前において，太平洋が陸地に接する部分を犠牲にして――新山脈の隆起で陸地をふみにじるような状態で――異常に拡大した。新山脈の頂は，東部アジアの花彩列島にみられるという Velousov の示唆から，太平洋の中央部に類似過程の

可能性――一層古期の時代――が想像できるようである註7)。

第6図から地殻の柱状図をみると，地殻は，時代とともにその厚さを減じ，最も薄い地域は，海洋で覆われている地帯に対応している。したがつて，海盆地域は，それ自体 Plate-forme 地帯を代表し，既知の Pre-Cambrian の Plate-forme 地帯よりも一層古い時代に存在していたことが推定される。

この仮説は Shatskii が定式化し，多くの地質学者によつて支持されている仮説，すなわち地殻の発達過程の不可逆性，Plate-forme 構造の生長等に矛盾することを指摘している。Velousov の提唱する可逆性―― Plate-forme の消滅とその沈降――は，本データでは認められた。著者は，地殻の発達が可逆過程にあると考えている。はるか以前の地質時代の発達期に形成された Plate-forme 地帯は，現在海盆地帯に転化したが，陸地と続いている海洋部分は，ふたゝび地向斜帯となり，そこには新しい Plate-forme の生長が起こつている。地殻の厚さが減少している現世の楯状地域は，近い地質時代において海盆地帯に転化するはずである。

地殻の発達の過程の可逆性に有利な仮説は，ソ連構造地域に関する地質学的データの解析を基礎におく Kosygin の仮説である。全地質時代にわたる地殻構造の複雑な形成過程において，継承性要素および新期生成要素が回春，発生した。とくにソ連の構造図は，以前から唱えられていた新期褶曲地域における古期楯状地，Plate-forme の緩生長説が正しくないことを明らかに示している。反対に多くの場合，新褶曲系の基盤の形成には，Plate-forme の破壊を伴なつている。その結果として新期の褶曲地帯と一層古期の褶曲地帯との拡がりは，まげられた形態をなして相似している。

地殻の厚さの分布とその発達過程にみられる合法則性の研究――地殻の柱状図の対比と海洋底の基盤にみられる主隆起帯の分布関係の確認――に対して上述の態度でのぞむならば，時間・空間における全地殻の発達過程の可逆性と統一性説が誘導されるであろう。

この結論は地球の地質履歴の認識にとつてきわめて重要である。確かにこの説は地球物理学的，地質学的データの解析および新研究の問題設定を基礎において，さらに研究を押し進めることが必要である。

註 7) Velousov の示唆は全然精確でない。反対の特性が存在する。例えば，日本海海盆の生成時代には，三畳紀前期・白堊紀前期および中新世にこの海盆地帯から沿海州および日本の隣接地域へ拡大していつた海進によつて立証される。類似のデータは他の環沿海地域に関してもある。

地質調査所月報 第10巻 第11号 目次

報　文

静岡県大井川上流治山治水調査報告
静岡県[illegible]水系赤石・奥日向ダム地点地質調査報告
紀伊半島中部地域の層状含銅硫化鉄鉱床調査報告（その1）
紀伊半島中部地域の層状含銅硫化鉄鉱床調査報告（その2）
兵庫県関宮地区クロム鉄鉱鉱床調査報告
群馬県南部容水地盤電気探査報告
—関東西部地域調査　第11報—
有明海南部ならびに長崎県三ツ瀬地区重力探査報告

概　報

長崎県南高来郡千々石町千々石珪石鉱床概査報告

資　料

鉱物の共生関係の解析の熱力学的基礎

地質調査所への連絡は

本　　所　神奈川県川崎市久本町（溝の口）135番地　電話 (70) 1146～1148番 (72) 4291～4293番
東京分室　東京都新宿区河田町8番地　電話 (34) 7131～8番
北海道支所　北海道札幌市南1條西18丁目　電話（3）5574番
仙台駐在員事務所　仙台市柳町通り28番地（仙台通産局内）電話（3）2306番
名古屋駐在員事務所　名古屋市東区長塀町（名古屋通産局内）電話（4）6416番
大阪駐在員事務所　大阪市東区杉山町1番地　電話 大阪 (94) 3969番
広島駐在員事務所　広島市[illegible]町1番地（広島地産局内）電話　中（2）1945番
四国駐在員事務所　高松市[illegible]屋町4の16（竹内ビル内）電話 高松（2）3052番
福岡駐在員事務所　福岡市北浜町2の19番地（通産省福岡合同庁舎内）電話（2）6743番

昭和34年10月25日　印　刷
昭和34年10月30日　発　行

著者権所有　工業技術院地質調査所

印刷者　田　中　春　美
東京都台東区東黒門町3番地
印刷所　合資会社　田中幸和堂印刷所
東京都台東区東黒門町3番地

U. D. C. 55(05)

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Katsu Kaneko, Director

Vol. 10 OCTOBER 1959 No. 10

CONTENTS

M. Katada & M. Murayama : Meta-diabase of the Ryōke Zone in the Japanese Central Alps ..... 1(839)

N. Kurata, T. Konishi, Y. Kino, S. Takahashi & K. Ikeda : Ground Water Resources for Fabric Industry on the Right Bank of the Kinu River, Tochigi Prefecture ..... 15(853)

N. Kurata, T. Murashita, K. Mori, Y. Takei & K. Kishi : Hydrogeological Investigation of the Ground Water on the Eastern and Southern Sides of Biwa Lake, Shiga Prefecture ..... 33(871)

H. Miyamoto & S. Maruyama : Report on Titaniferous Iron Ore Deposits at Unjō District, Iwate Prefecture ..... 47(885)

T. Igarashi : Report on the Fluorite Deposit of the Hiraiwa Mine, Gifu Prefecture ..... 55(893)

T. Furukawa : Geology of the Northern Area of Hiu, Matsura District, Sasebo Coal Field ..... 61(899)

Y. Satō : Heavy Minerals in the Drill Core at Naie District, Sorachi-gun, Hokkaidō ..... 73(911)

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto-cho, Kawasaki-shi, Japan

地質調月
Bull. Geol. Surv. J.
Vol. 10, No. 10, 1959